Я.И. Перельман

ФИЗИКА НА КАЖДОМ ШАГУ

Веселые задачи.
Простые, но каверзные.

SHOUT
SHARE
IT

Annotation

Одно из лучших классических пособий по физике.

Занимательные рассказы, поучительные опыты, интересные факты научат любознательного читателя замечать простейшие физические явления и понимать их природу.

- Яков Исидорович Перельман
  - Предисловие автора
  - Глава первая Немного механики
    - Скала Эдисона
    - От Москвы до Петербурга
    - От Земли до Солнца
    - Заглянуть внутрь отливки
    - Какой металл самый тяжелый?
    - Какой металл самый легкий?
    - Две бороны
    - Квашеная капуста
    - Трактор и лошадь
    - Шило и зубило
    - Давление небоскреба
    - В вагоне
    - На пароходе
    - Дорога
    - Две монеты
    - Из старинных книг
    - Вверх по уклону
    - Как взвесили Землю
    - Прыжки вверх
    - Удар
    - Яйцо в стакане
    - Необычайная поломка
    - Рычаги
    - Билетный автомат
    - Ворот и шпиль
    - Золотое правило механики
    - Машины Архимеда
    - Лошадиная сила и работа лошади
    - Искуснее Колумба
    - Движение по кругу
    - Где легче всего?
    - Если бы Земля вращалась быстрее…
    - Сжатие земного шара

- Десять вертушек
- Полет на ракете

○ Глава вторая На воде и под водой
- Почему киты живут в море?
- Что такое «водоизмещение»?
- Наподобие подводной лодки
- Плавание в тяжелой жидкости
- Задача о пробке
- Весы под водой
- Чтобы не утонуть
- Волны и качка
- Немного старины
- Пловучая игла
- Поверхностная пленка
- Человек-сверхлилипут

○ Глава третья На дне воздушного океана
- Сколько весит воздух в комнате?
- Сколько воздуха вы вдыхаете?
- Как впервые была обнаружена весомость воздуха?
- Самые высокие барометры
- Сколько весит весь воздух на Земле?
- Как высока земная атмосфера?
- Тяжелая газета
- Богатырское дуновение
- Всегда ли легко задуть свечку?
- Почему не выливается?
- Водолазный колокол
- Человек под водой
- В пучине океана
- Сухим из воды
- Давление ветра
- Как останавливаются поезда воздухом?
- Парашют
- Пылинки в воздухе
- Бумажный бумеранг
- Воздушное сопротивление
- Старинные опыты с безвоздушным пространством

○ Глава четвертая Тепло и холод
- Выпрямление каменной стены
- Греет ли снег?
- Где устраивать форточку?
- Как зимой проветривать комнаты?

- Вертящаяся змейка
- Первый воздушный шар
- Какие дрова выгоднее?
- Лед в бутылке
- Перерезать, оставив целым
- Почему поет самовар?
- Можно ли увидеть пар?
- Энергия водяного пара
- Невидимый богатырь в стакане чая
- Что такое желтый уголь?

○ Глава пятая В мире звуков
- Скорость звука
- Передача звука
- Мнимый колокол
- Сила звука
- Кто громче?
- Эхо

○ Глава шестая Свет и глаз
- Страшная тень
- Как измерить силу света?
- Вниз головой
- Перевернутая булавка
- Загадка нашего зрения
- Первые наблюдения в зрительную трубу
- Теневые портреты
- Зажигание льдом
- Три пуговицы
- Четырехугольники
- Что больше?
- Обманы зрения на сцене
- Вопреки тяжести
- Зрительные обманы в природе

○ Глава седьмая Электрические опыты
- Наэлектризованный гребень
- Электрическое взаимодействие
- Отталкивание
- «Кошачье» электричество
- Электрические опыты с газетой
- Искры из пальцев
- Послушная палка
- Электричество в горах
- Пляска бумажных зайцев
- Змеи
- Волосы дыбом

        - Маленькая молния
        - Опыт с лампочкой
        - Опыт с водяной струей
        - Наэлектризованные люди
- notes
    - 1
    - 2
    - 3
    - 4
    - 5
    - 6
    - 7
    - 8
    - 9
    - 10
    - 11
    - 12
    - 13
    - 14
    - 15
    - 16
    - 17
    - 18
    - 19
    - 20
    - 21
    - 22
    - 23
    - 24
    - 25
    - 26

Яков Исидорович Перельман
Физика на каждом шагу

Ловкость в производстве опытов не дается сама собою; она приобретается только трудом. Когда вы учитесь танцевать, ваши первые движения неуклюжи, и только путем упражнения научаетесь танцевать. Таков же и единственный путь научиться производить опыты. Поэтому не следует смущаться своею неловкостью на первых порах; повторяя и повторяя то же дело, вы скоро справитесь с ним и приобретете недостававшие вам навык и ловкость.

Идя таким путем, вы вступите в прямое сношение с природой, вы будете размышлять не о том, что прочитали в книгах, а о том, что говорит вам сама природа. Мысли, порожденные этим источником, отличаются удивительною живостью, какой не может им дать одно книжное знание.

Джон Тиндаль «Уроки по электричеству»

Предисловие автора

Эта книга содержит сотню пестрых рассказов из области физики, расположенных в определенной системе, несмотря на непринужденную внешнюю форму. Предназначена она для тех, кто владеет лишь самыми начальными сведениями из физики или вовсе еще не приступал к ее изучению. Она заметно отличается, следовательно, от другой книги того же автора – «Занимательная физика», сходной по манере изложения, но имеющей в виду более сведущего читателя. «Физика на каждом шагу» не стремится заменить собою школьный учебник. Ее цель – побудить читателя к сознательному наблюдению простейших физических явлений, научить замечать их в окружающей обстановке, в обиходе, в природе, в технике, незаметно накопляя тот запас фактов, систематическим изучением которых занимается физическая наука. Сведения из теории сообщаются лишь самые элементарные и в весьма скромном объеме; главное же внимание привлекается к фактам и опытам. Подбор опытов таков, что их можно выполнять и черпать из них поучения без всяких приборов. Отдельные страницы книги посвящены эпизодам из истории физики.

Для второго издания текст книги пересмотрен и дополнен многочисленными вставками; все иллюстрации, помещенные в этом издании, – новые[1].

Глава первая Немного механики

Скала Эдисона

Незадолго до смерти знаменитый американский изобретатель Эдисон пожелал отличить самого сметливого юношу своей страны, назначив ему щедрую денежную поддержку для дальнейшего образования. Со всех концов республики были направлены к нему молодые люди, по одному от каждого штата, отобранные школьным начальством. Эти полсотни юношей подверглись в доме Эдисона письменному экзамену: они должны были ответить на 60 вопросов особой викторины, составленной изобретателем и его сотрудниками. Судьями были сам Эдисон, «автомобильный король» Форд, прославленный летчик Линдберг и несколько видных американских педагогов. Один из вопросов Эдисоновой викторины, который я хочу предложить и вам, состоял в следующем:

Вообразите, что вы очутились на тропическом острове Тихого океана без всяких орудий. Как сдвинули бы вы там с места груз в 3 т, например гранитную глыбу в 100 футов длины и 15 футов высоты?

Рис. 1. Томас Алва Эдисон (1847–1931), американский

изобретатель и предприниматель

Задача кажется неразрешимой. Что поделаешь голыми руками с трехтонной каменной глыбой таких внушительных размеров?

Вникнем однако поглубже в задачу и постараемся представить себе наглядно эту Эдисонову скалу. Мы знаем ее вес, длину, ширину, но об ее толщине в задаче ни слова не сказано. Почему Эдисон умолчал о ней? Не тут ли кроется разгадка?

Дознаемся же сами, какова должна быть толщина этой скалы. Прежде всего определим по весу ее объем. Скала гранитная, а сколько весит кубический метр гранита, мы можем узнать из справочника. В «таблице удельных весов» разных материалов находим, что удельный вес гранита, круглым числом, 3. Это значит, что кубический сантиметр гранита весит 3 г или кубический метр гранита весит 3 т. Одно вытекает из другого, потому что в кубическом метре миллион кубических сантиметров, а в одной тонне – миллион граммов. Но если каждый кубический метр Эдисоновой глыбы весит 3 т, а весу в глыбе как раз 3 т, то ясно, что объем ее – всего один кубический метр. При таком небольшом объеме глыба однако растянулась в длину на 100 футов, а в высоту – на 15 футов.

Рис. 2. Задача Эдисона: надо без всяких орудий сдвинуть с места трехтонную гранитную скалу в 100 футов длины и 15 футов высоты

Очевидно, она очень тонка. Прикинем, какой она толщины. Объем, как известно, получается умножением длины на ширину и на толщину. Следовательно, разделив объем на длину и на ширину, мы узнаем толщину. Так и поступим с объемом нашей скалы: разделим 1 кубометр сначала на 100 футов (т. е. на 30 м) потом на 15 футов (т. е. примерно на 5 м), а еще лучше – сразу на 30×5, т. е. на 150. Что же получится? Всего $^1/_{150}$ м, или около 7 миллиметров.

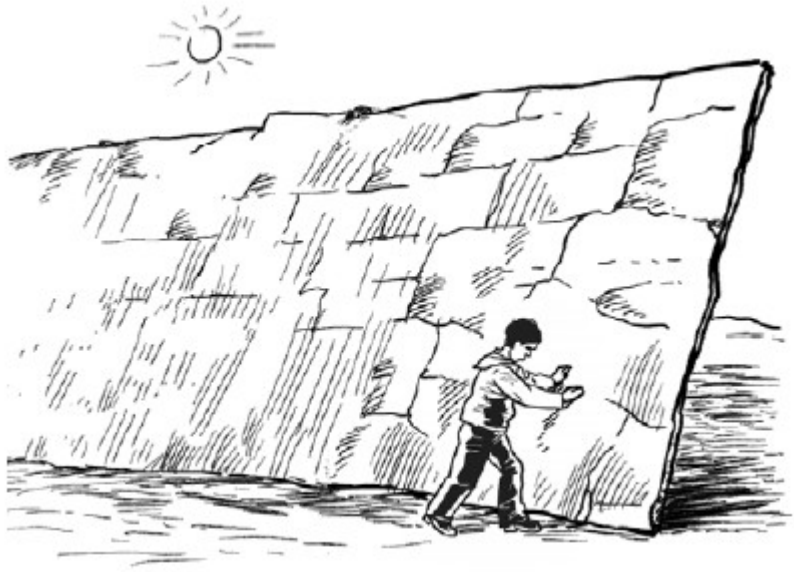


Рис. 3. Вот какова скала в задаче Эдисона

Вот какова толщина Эдисоновой скалы: только 7 мм! На острове возвышается, мы видим, тонкая гранитная стенка, своего рода диковинка природы. Опрокинуть подобную стенку ничуть не трудно даже голыми руками: напереть на нее покрепче или навалиться на нее с разбегу – и она не устоит.

От Москвы до Петербурга

Вы сейчас убедились, как полезно знать то, что в физике и технике называется «удельным весом» материала, т. е. вес одного его кубического сантиметра (в граммах).

Если вам известно, например, что удельный вес железа около 8, то вы сможете определить простым расчетом вес любого железного изделия, зная только его объем. Для этого вам не понадобится класть изделие на весы, а достаточно только умножить число кубических сантиметров его объема на 8. Часто это единственный способ узнать вес тела, – например, когда требуется определить заранее, сколько будет весить изделие, еще не изготовленное, а только обозначенное на рабочем чертеже.

Возьмем такую задачу:

Сколько весит железная телеграфная проволока, соединяющая Москву с Петербургом? Толщина проволоки 4 мм, длина 650 км.

Решить эту задачу можно, конечно, только расчетом, – не сматывать же проволоку с телеграфных столбов! Найдем сначала объем проволоки. Для этого, по правилам геометрии, нужно величину поперечного сечения проволоки умножить на ее длину. Площадь сечения нашей проволоки есть площадь кружка диаметром 4 мм, или 0,4 см. Она равна, как учит геометрия:

$$3{,}14 \times 0{,}2^2 = 0{,}126 \text{ см}^2.$$

Длина же проволоки

$$650 \text{ км} = 650\,000 \text{ м} = 65\,000\,000 \text{ см}.$$

Значит, объем проволоки

$$0{,}126 \times 65\,000\,000 = 8\,190\,000 \text{ см}^3,$$

а круглым счетом – 8 млн. см^3. Так как каждый кубический сантиметр железа весит, мы знаем, 8 г, то вес провода Москва – Ленинград равен:

$$8 \times 8\,000\,000 = 64\,000\,000 \text{ г} = 64 \text{ т}.$$

Это, примерно, вес паровоза. Если бы на одну чашку весов можно было положить моток телеграфной проволоки,

соединяющей Москву с Питером, то на другую чашку надо было бы для равновесия вкатить целый паровоз.

Сходным расчетом могли бы вы узнать, сколько тонн проволоки понадобилось бы для телеграфного соединения Земли с Луной, – нужды нет, что на деле протянуть такой провод невозможно. Раз известно расстояние от Земли до Луны, задана толщина проволоки и имеется удельный вес материала, то все остальное можно выполнить просто карандашом на бумаге.

Сейчас мы проделаем еще более удивительный расчет в этом роде.

От Земли до Солнца

Что может быть нежнее и тоньше паутинной нити? Тонкость ее вошла в поговорку, и недаром: нить паутины в десять раз тоньше волоса; поперечник ее равен только 0,005 мм. Этой необычайной тонкостью объясняется легкость паутины, потому что сам по себе материал ее не так уж легок. Удельный его вес, т. е. вес 1 $см^3$, составляет 1 г; значит, паутина тяжелее дубовой древесины, и только своей исключительной тонкости обязана она тем, что весит так ничтожно мало. Теперь мы сообщили читателю все данные для решения следующей интересной задачи (придуманной нашим известным физиком А.В. Цингером):

Сколько весила бы паутина, протянутая от Земли до Солнца, т. е. на расстоянии 150 млн. км?

Ответить, даже приблизительно, на этот вопрос, не производя расчета, едва ли кому удастся: расстояние до Солнца слишком огромно, а паутина чересчур тонка, чтобы возможно было предугадать ответ. Произведем же выкладки; они те же, что и для телеграфной проволоки предыдущей задачи.

Найдем площадь разреза паутины, зная, что диаметр ее равен 0,005 мм, или 0,0005 см.

$3{,}14 \times 0{,}00\,025^2 =$ около 0,0000002 $см^2$.

Длина паутинной нити:

150 000 000 км = 15 000 000 000 000 см.

Отсюда определяется объем всей нити:
$0{,}0000002 \times 15\,000\,000\,000\,000 = 8\,000\,000$ $см^3$.

Мы знаем, что 1 $см^3$ материала паутинной нити весит 1 г; поэтому вес нашей воображаемой паутины

3 000 000 г = 3 000 кг = 3 т.

Итак, паутинная нить, протянутая от Земли до самого Солнца, весила бы только 3 т! Ее можно было бы увезти на хорошем грузовике!

Заглянуть внутрь отливки

Знание удельного веса дает возможность, не распиливая изделия, как бы заглянуть внутрь него и установить, есть ли в нем пустоты, или же оно сплошное. Приведем пример.

Пусть у вас в руках медное изделие, – скажем, статуэтка, – и вы желаете узнать: сплошная она или внутри нее имеется полость? Просверливать, вообще повреждать статуэтку вы не желаете, конечно. Как поступить?

Прежде всего нужно определить объем статуэтки. Для этого наливаем в прямоугольную банку воду, замечаем высоту уровня воды и погружаем нашу статуэтку: по повышению уровня воды легко вычислить объем изделия. Пусть ширина банки 12 см, длина 15 м, а уровень воды поднялся на 1,5 см. Тогда объем воды, вытесненной изделием, равен $12 \times 16 \times 1{,}5 = 270$ см^3. Но эта прибавка есть, конечно, объем статуэтки. 1 см^3 меди весит около 9 г. Поэтому, если бы вещь была сплошная, она весила бы примерно

$270 \times 9 = 2\,430$ г.

Теперь вы обращаетесь к весам (без которых в данном случае обойтись нельзя) и узнаете, что в действительности статуэтка весит всего 2 200 г, т. е. на 230 г меньше. Это показывает, что внутри нее имеется одна или несколько полостей, общий объем которых равен объему недостающих 230 г меди. Какой объем занимают 230 г меди? Мы узнаем это, разделив 230 на 9. Получим $25\,{}^1/_2$ см^3.

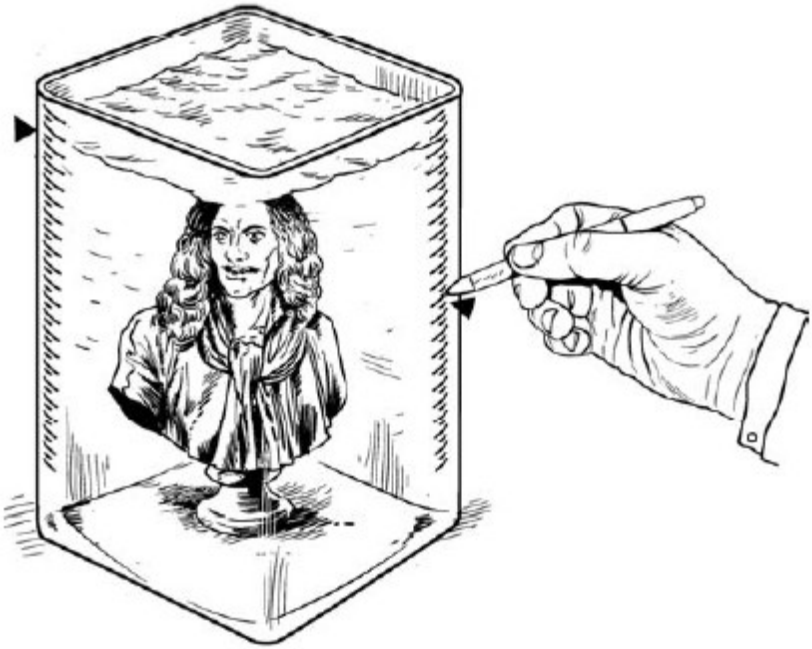


Рис. 4. Простой способ определить объем статуэтки

Таким образом, не повреждая статуэтки, мы узнали не только то, что статуэтка заключает внутри себя полость или несколько полостей, но определили даже и объем этих пустот – около 25 $см^3$.

Какой металл самый тяжелый?

В обиходе свинец считается тяжелым металлом. Он тяжелее цинка, олова, железа, меди, но все же его нельзя назвать самым тяжелым металлом. Ртуть, жидкий металл, тяжелее свинца; если бросить в ртуть кусок свинца, он не потонет в ней, а будет держаться на поверхности. Литровую бутылку ртути вы с трудом поднимете одной рукой: она весит без малого 14 кг. Однако и ртуть не самый тяжелый металл: золото и платина тяжелее ртути раза в полтора.

Рекорд же тяжеловесности побивают редкие металлы – иридий и осмий: они почти втрое тяжелее железа и более чем в сто раз тяжелее пробки; понадобилось бы 110 обыкновенных пробок, чтобы уравновесить одну иридиевую или осмиевую пробку таких же размеров.

Приводим для справок удельный вес некоторых металлов:

Цинк	7,1
Олово	7,3
Железо	7,8
Медь	8,9
Свинец	11,3
Ртуть	13,6
Золото	19,3
Платина	21,5
Иридий	22,4
Осмий	22,5

Какой металл самый легкий?

Техники называют «легкими» все те металлы, которые легче железа в два и более раз. Самый распространенный легкий металл, применяемый в технике, – алюминий, который легче железа втрое. Еще легковеснее металл магний: он легче алюминия в 1 $^1/_2$ раза. В последнее время техника стала пользоваться для изделий сплавом алюминия с магнием, известным под названием «электрон». Этот сплав, по прочности не уступающий стали, легче ее в четыре раза. Самый же легкий из всех металлов – литий – в технике пока еще не применяется. Литий не тяжелее еловой древесины; брошенный в воду, он не тонет.

Если сравнить между собою самый тяжелый и самый легкий металл – иридий и литий, то окажется, что первый весит больше второго в 40 с лишком раз.

Вот удельные веса некоторых легких металлов:

Литий	0,53
Калий	0,9
Натрий	1,0
Магний	1,7
Алюминий	2,7

Две бороны

Часто смешивают вес и давление. Между тем это вовсе не одно и то же. Вещь может обладать значительным весом и все же оказывать на свою опору ничтожное давление. Наоборот, иная вещь при малом весе производит на опору большое давление. Из следующего примера вы сможете уяснить себе различие между весом и давлением, а заодно поймете и то, как нужно рассчитывать давление, производимое предметом на свою опору.

В поле работают две бороны одинакового устройства – одна о 20 зубьях, другая о 60. Первая весит вместе с грузом 60 кг, вторая – 120 кг. Какая борона работает глубже?

Легко сообразить, что глубже должны проникать в землю зубья той бороны, на которые напирает большая сила. В первой бороне общая нагрузка в 60 кг распределяется на 20 зубьев; следовательно, на каждый зуб приходится нагрузка в 3 кг. Во второй бороне на каждый зуб приходится всего 120/60, т. е. 2 кг. Значит, хотя вторая борона в общем тяжелее первой, зубья ее должны уходить в почву мельче. Давление на каждый зуб у первой бороны больше, чем у второй.

Квашеная капуста

Рассмотрим еще один расчет давления.

Две кадки с квашеной капустой покрыты лежащими на капусте деревянными кругами с камнями. В одной кадке круг имеет в поперечнике 24 см и нагружен 10 кг; в другой поперечник круга равен 32 см, а груз – 16 кг. В какой кадке капуста находится под большим давлением?

Давление, очевидно, больше в той кадке, где на каждый квадратный сантиметр приходится больший груз. В первой кадке груз в 10 кг распределяется на площадь в $3{,}14 \times 10000 \times 12 \times 12 = 452$ см, и, значит, на 1 см^2 приходится 10 000/452, т. е. около 22 г. Во второй кадке давление на 1 см^2 составляет 16000/804, т. е. менее 20 г. Следовательно, в первой кадке капуста сдавлена сильнее.

Следует отличать давление от силы давления. Давление есть та сила, с которой тело надавливает на один квадратный сантиметр опоры. В примере с капустой сила давления камней есть 10 кг и 16 кг, давление же – 22 г/см^2 и 20 г/см^2. Зная это, вы сможете уже самостоятельно выполнять расчеты, относящиеся к давлению.

Трактор и лошадь

Тяжелый гусеничный трактор хорошо держится на таком рыхлом грунте, в котором увязают ноги лошадей и даже людей, гораздо более легких (рис. 5).

Чем это объяснить?

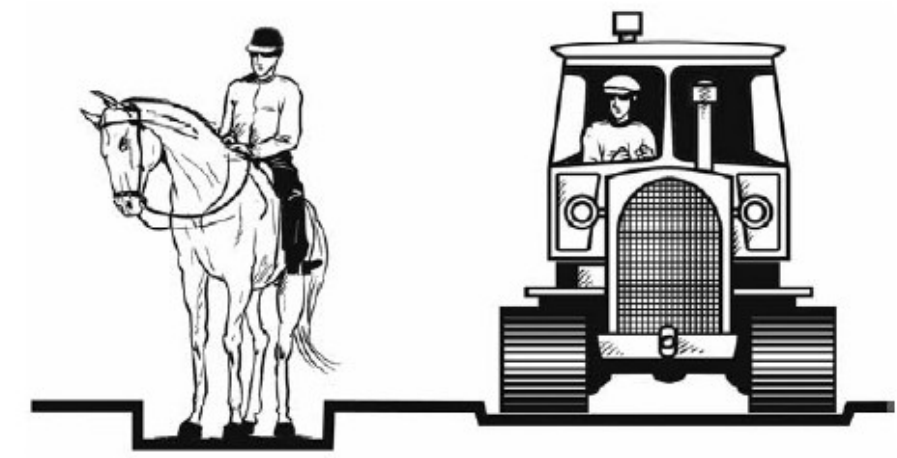


Рис. 5. Почему гусеничный трактор не проваливается там, где увязает лошадь?

После сказанного раньше вы без труда разберетесь в этом. Увязание в грунте зависит не от веса вещи, а от ее давления, от той доли веса, которая приходится на квадратный сантиметр опоры. Огромный вес трактора распределяется на довольно большую поверхность его «гусениц», надетых на колеса. Поэтому на один квадратный сантиметр опоры трактора приходится сравнительно небольшой вес – около сотни граммов, не больше. Напротив, вес лошади и человека распределяется на небольшую площадь копыт или ступней, так что на квадратный их сантиметр приходится у лошади около 1 200 г, а у человека – 500 г, т. е. гораздо больше, чем у трактора. Даже тяжелый военный танк давит на квадратный сантиметр с силою, лишь немного большею, чем человек: около 600 граммов.

Неудивительно, что человек и лошадь вдавливаются в почву глубже, чем гусеничный трактор.

По той же причине не проваливается на рыхлом снегу человек, идущий на лыжах, хотя без лыж он на том же снегу удержаться не может.

Шило и зубило

Почему шило вонзается глубже, чем зубило, когда на оба орудия напирают одинаково?

Причина – различие давления. При напоре на шило вся сила сосредоточивается на очень небольшом пространстве его острия. При надавливании же на тупое зубило та же самая сила распределяется на гораздо большую поверхность. Пусть, например, шило соприкасается с материалом по поверхности в 1 мм^2, а зубило – на пространстве в 1 см^2. Если напор на каждый инструмент равен 1 кг, то под лезвием зубила материал испытывает давление в 1 кг на 1 см^2, а под шилом – в 1: 0,01 = 100, т. е. 100 кг на 1 см^2 (потому что 1 мм^2 = 0,01 см^2). А если давление под шилом в сотню раз сильнее, чем под зубилом, то ясно, почему шило вонзится глубже, чем зубило.

Вы поймете теперь, что, надавливая пальцем на иглу при шитье, вы производите очень большое давление, нисколько не меньшее, чем давление пара в ином паровом котле. В этом же и секрет режущего действия бритвы: легкий напор руки создает на тонком острие бритвы давление в сотни килограммов на см^2 – и волос срезается.

Давление небоскреба

Высочайшая в Европе башня – Эйфелева в Париже – хотя и сооружена целиком из железа, весит много меньше, чем прославленные американские небоскребы. Причина та, что башня Эйфеля сквозная, ажурная, между тем как небоскребы – сплошные, массивные. Можно себе представить, какой чудовищный вес имеет подобное здание. Но если вы думаете, что и давление его на почву невообразимо велико, то ошибаетесь, – оно довольно умеренное и для небоскреба неожиданно мало. Вы поймете, в чем здесь дело, если прочтете следующий отрывок из книги американского писателя Бонда «Герои техники».

Описывается посещение строящегося небоскреба в Америке. Один из посетителей задает мастеру вопрос:

«– Какой предел высоты существует для небоскреба? В конце концов фундамент может ведь не выдержать его веса!

– Безусловно выдержит, – ответил мастер и стал искать наглядный пример. Вытащив из кармана маленький болт, он отвинтил гайку, измерил ее поверхность и нашел, что она равна около 6 см^2. Тогда он положил гайку на землю и наступил на нее.

– Так. Теперь я оказываю на грунт не меньшее давление, чем весь небоскреб.

Мы смотрели на него с недоумением.

– Именно так, – продолжал он. – Я вешу 82 килограмма. Нагрузка в 82 килограмма на 6 квадратных сантиметров. Сколько это составит на один квадратный сантиметр?

– Около 13 $^1/_2$ килограммов.

– Правильно. И нью-йоркские строительные городские правила запрещают нагружать фундаменты больше чем 13 $^1/_2$ килограммами на квадратный сантиметр.

– Но ведь невероятно, чтобы квадратный сантиметр такого большого здания давил на грунт с силой не более 13 $^1/_2$ килограммов?

– Здание опирается на фундамент, распределяющий общий вес на огромную массу бетона. Под зданием 70 бетонных площадок, каждая до 6 метров шириною. Общий же вес сооружения будет около 120 000 тонн… Мы далеко еще не дошли до предела. Вычислено, что на

фундаменте в 3 600 квадратных метров может быть построено здание в 150 этажей и 600 метров высоты; оно будет весить около 520 000 тонн».

Шестисотметрового небоскреба, заметим от себя, американцы еще не построили, но рекорд, поставленный знаменитою Эйфелевой башней высотою 300 метров, уже превзошли; в Нью-Йорке высятся уже два готовых небоскреба, поднимающих свою верхушку выше этого сооружения – один на 20 метров, другой на 80 метров[2].

В вагоне

Поезд идет со скоростью 36 км в час. Находясь в вагоне, вы подпрыгнули вверх и продержались в воздухе одну секунду. Опуститесь ли вы на то же место, откуда подпрыгнули, или нет? Если в другое место, то куда оно ближе – к передней или к задней стенке вагона?

Как ни странно, но вы опуститесь как раз в то же самое место, откуда подпрыгнули, и вот почему: отделившись от пола и держась в воздухе, вы продолжаете по инерции двигаться вперед вместе с поездом и притом с тою же скоростью; пол под вами уносится вперед, но и вы мчитесь с такою же быстротою, оставаясь все время над тем местом, с которого вы подпрыгнули.

На пароходе

Двое играют в мяч на идущем пароходе. Один стоит на корме, другой – у носа. Кому труднее добросить мяч до партнера – стоящему на корме или стоящему у носа?

И здесь, как в предыдущем случае, ответ неожиданный: ни один из игроков не имеет выгоды перед другим: обоим одинаково легко (или одинаково трудно) добрасывать мяч.

Рис. 6

Это кажется на первый взгляд неправдоподобным: ведь мяч, брошенный к носу парохода, должен догонять стоящего там игрока, который несется вперед вместе с пароходом; напротив, мяч, брошенный к корме, летит к игроку, который несется ему навстречу. Безусловно так; но надо помнить и то, что к скорости мяча, брошенного от кормы к носу, прибавляется скорость парохода, а от скорости мяча, брошенного к корме, скорость парохода отнимается. Поэтому невыгода первого мяча смягчается, а выгода второго понижается, и оба мяча оказываются в одинаковых условиях.

Если бы это было не так, то стрелок, стреляющий в восточном

направлении, в сторону вращения Земли, имел бы огромную выгоду перед тем стрелком, который посылает пулю на запад, против вращения Земли. На самом деле ничего подобного не наблюдается.

Дорога

Телега вместе с кладью весит 500 кг. С какою силой должна тянуть лошадь, чтобы двигать эту телегу?

Конечно, необходимое усилие прежде всего зависит от скорости телеги: чем быстрее надо везти телегу, тем большая сила должна быть к ней приложена. Но это не значит, что самая слабая тяга достаточна для приведения телеги хотя бы в очень медленное движение.

Всем известно, что ребенок, как бы долго он ни тянул тяжело нагруженную телегу, не в силах сдвинуть ее с места. Какая же наименьшая сила необходима, чтобы привести телегу в движение и поддерживать это движение?

Опыт показывает, что необходимое усилие зависит от веса телеги и от состояния дороги. На хорошей асфальтовой мостовой надо тянуть телегу с силой, составляющей всего сотую долю веса телеги; на плохой же булыжной мостовой сила тяги должна составлять около одной тридцатой веса телеги. Поэтому, если вес нагруженной телеги 500 кг, то, чтобы ее везти по ровной асфальтовой дороге, достаточно усилия

$$500 \times 0{,}01 = 5 \text{ кг};$$

между тем, чтобы везти ту же телегу по ровной булыжной мостовой, потребуется сила примерно втрое больше – 15 кг. Это значит, что на асфальтовой мостовой одна и та же лошадь может везти втрое больший груз, чем на булыжной.

Еще больше свезет та же лошадь на рельсовом пути – в 6 раз больший груз, чем на булыжной мостовой.

Отсюда ясно, какое большое хозяйственное значение имеет исправное состояние дорог в стране: хорошая дорога дает большую экономию сил.

Самой экономной дорогой является вода, даже тогда, когда мы не пользуемся ее течением.

Две монеты

Вы подняли вверх на одинаковую высоту две монеты – копеечную и пятикопеечную – и одновременно выпустили их из рук. Какая раньше ударится о пол? Монеты падают у вас ребром, легко разрезая воздух, поэтому его сопротивлением вы можете пренебречь.

Принято думать, что тяжелые вещи падают быстрее легких (даже в пустоте). Поэтому на вопрос нашей задачи чаще всего отвечают так, что пятикопеечная монета достигнет пола раньше копеечной. Однако можно, даже и не делая опыта, показать, что этот ответ неверен.

Допустим в самом деле, что тяжелые вещи падают быстрее легких, и посмотрим, куда нас заведет такая мысль. Раз пятикопеечная монета падает быстрее копеечной, то как будут падать эти монеты, если их вместе склеить (например воском)? Вспомните, как вы ходите, когда ведете за руку своего малолетнего братишку: ваша ходьба замедляется медленным движением брата. Точно так же и копеечная монета будет замедлять падение пятикопеечной, и склеенные монеты должны падать медленнее, чем пятикопеечная сама по себе.

Что же получается? Шесть копеек падают медленнее пяти, тяжелая вещь медленнее легкой! А ведь начали, мы с того, что тяжелые вещи падают быстрее легких. Произошла путаница, которая доказывает, что мы начали с ошибочной мысли.

Итак, неверно, будто тяжелые вещи падают скорее легких. Неужели же они падают медленнее? Посмотрим, куда заведет нас эта мысль. Опять вообразим, что мы склеили обе монеты. На этот раз копеечная, по-нашему быстрее падающая, должна будет уже не замедлять, а ускорять падение пятикопеечной, и обе вместе поэтому упадут быстрее, чем пятикопеечная сама по себе. Что же? Шесть копеек падают быстрее пяти, тяжелая вещь быстрее легкой! Опять путаница: ведь начали мы с того, что тяжелые веши, наоборот, падают медленнее…

Вы видите, что одинаково ошибочно считать тяжелые вещи падающими быстрее или падающими медленнее, нежели легкие. Остается только одна возможность: и тяжелые и легкие вещи падают одинаково. Это и есть правильная мысль: все вещи падают с одинаковой быстротой (если воздух не мешает их свободному падению).

Значит, монеты наши упадут на пол одновременно. Легко убедиться в этом, проделав простой опыт; подняв обе монеты на

одинаковую высоту, выроните их из рук одновременно: вы услышите не два удара, а один слитный звук (для отчетливости опыта необходимо, чтобы монеты падали на что-нибудь твердое).

Из старинных книг

Рассуждение, за которым вы сейчас проследили, принадлежит гениальному ученому XVII века Галилею, тому самому, который первый доказал, что наша Земля не стоит на месте, а, подобно другим планетам, кружится вокруг своей оси и вокруг Солнца. Галилей был не только великий астроном, но и величайший физик, отец физической науки.

Вероятно, вам интересно будет прочитать подлинный отрывок из его книги, где он говорит о падении тел и где мысли, сейчас изложенные, установлены были впервые. Отрывок представляет спор между двумя учеными. Один держится старинного взгляда на падение вещей, взгляда, установленного древним мыслителем Аристотелем; учения Аристотеля слепо придерживались все ученые, жившие во времена Галилея. Другой участник спора – сам Галилей.

Рис. 7. Галилей, основатель физики

Итак, раскроем книгу великого основателя физики в прочтем из нее две страницы:

«– Аристотель утверждает, что различные тела в одной и той же среде движутся с разною скоростью и так, что груз, больший в десять раз, движется вдесятеро скорее.

– Очень сомневаюсь в том, чтобы Аристотель когда-нибудь проверил на опыте, действительно ли два камня, из которых один вдесятеро тяжелее другого, если пустить их в одно и то же мгновение, например с высоты 100 локтей, – что такие два камня получат настолько различное движение, что по прибытии большего на место меньший пройдет лишь 10 локтей.

– По вашим словам, можно думать, что вы производили подобные опыты, иначе вы не говорили бы таким образом.

– Не производя таких опытов, мы можем путем одного лишь краткого рассуждения доказать невозможность того, чтобы больший груз двигался скорее, нежели меньший, если они состоят из одного и того же вещества. Если у нас имеются два тела, обладающие разными скоростями, и если мы их соединим, то ясно, что движущееся скорее получит замедление, а движущееся медленнее – ускорение. Согласны вы с этим?

– Этот вывод я нахожу совершенно правильным.

– Но если это верно и если бы было справедливо, что больший камень движется, например, со скоростью 8 локтей, а малый со скоростью 4 локтей, то оба вместе должны были бы, если их соединить, обладать скоростью меньше, чем в 8 локтей. Но ведь оба камня вместе, конечно, больше, чем большой камень, обладавший скоростью в 8 локтей; и, стало быть, выходит, что больший камень (происшедший от соединения двух) будет двигаться медленнее, чем меньший, – а это противоречит вашему предположению. Вы видите, что из допущения, будто большее тело обладает большею скоростью, чем меньшее, я вас могу привести к выводу, что большее тело движется медленнее, чем меньшее.

– Я совсем смущен, потому что мне все-таки кажется, что меньший камень, соединенный с большим, увеличивает его вес, а потому должен увеличить также и его скорость или, по крайней мере, не уменьшать ее.

– Вы впадаете в новую ошибку: неверно, будто меньший камень увеличивает вес большего.

– Вот как? Это выходит за границы моего понимания!

– Вы все поймете, если я вас высвобожу из того заблуждения, в котором вы находитесь. Заметьте хорошо, что в данном вопросе надо различать, движется ли уже тело или находится в покое. Если мы положим камень на одну чашку весов, то от прибавки еще одного камня вес увеличится; даже от прибавления куска пакли он возрастает. Но если вы возьмете камень, связанный с паклей, и дадите ему возможность свободно падать с большой высоты, то, как вы думаете, будет ли пакля во время движения давить на камень и ускорять его движение, или же камень будет задерживаться в своем движении, как бы поддерживаемый куском пакли? Мы ощущаем груз на наших плечах, если стараемся мешать его движению. Но если мы станем двигаться (вниз) с такою же скоростью, как и груз, лежащий на нашей спине, то как может он давить и обременять нас? Не согласны ли вы, что это подобно тому, как если бы мы захотели поразить копьем кого-либо, кто бежит впереди нас с такою же скоростью, как и мы? Итак, вы должны вывести заключение, что при свободном падении малый камень не давит на большой и не увеличивает его веса, как это бывает при покое.

– Ну, а если бы больший камень покоился на меньшем?

– Тогда он должен был бы увеличить его вес, если бы скорость его была больше. Но мы уже нашли, что если бы меньший груз падал медленнее, то уменьшил бы скорость большого груза; следовательно, составная масса двигалась бы медленнее своей части, что противоречит вашему допущению. Итак, разрешите принять, что большие и малые тела равного удельного веса движутся с одинаковою скоростью».

Замечательно, что подобные же мысли задолго до Галилея высказывал древнеримский поэт-ученый Лукреций Кар.

В своей большой поэме «О природе вещей» он утверждал, что свободно падающие вещи не могут давить одна на другую; кроме того, он ясно сознавал, что причина неодинаковой скорости падения различных вещей в воздухе или в жидкостях заключается в том, что вещи массивные встречают со стороны окружающей

среды неодинаковое сопротивление.

Вот это поучительное место поэмы:

> Если кто думает, будто тела, тяжелейшие весом,
> прямо в пространстве пустом, проносясь с быстротою великой,
> падают сверху на более легкие и производят
> этим толчки, что способны творящие вызвать движения, —
> то уклоняются очень далеко от верной дороги.
> Жидкой воды вещество, как и воздух весьма легковесный,
> в равном размере падение тел всех замедлить не могут,
> а уступают скорее дорогу телам с большим весом.
> Но пустота никакому предмету, нигде, ниоткуда
> не в состоянии вовсе оказывать сопротивленья,
> так как всему поддаваться должна уж по самой природе.
> Вследствие этого вещи, которые разнятся весом,
> падать должны одинаково все в пустоте неподвижной.

Вверх по уклону

Мы так привыкли видеть тела, скатывающимися с наклонной плоскости вниз, что пример тела, свободно катящегося по ней вверх, кажется нам чудом. Нет ничего легче однако, как устроить такое мнимое чудо.

Возьмите два одинаковых кружка из легкого дерева и насадите их на валик, как колеса на ось (см. рис. 8). К валику прикрепите конец тонкой бечевки, к другому концу которой привязан груз. Намотав бечевку на валик так, чтобы груз вплотную примыкал к валику, поставьте колеса на наклонную дощечку; они сами покатятся, но не вниз, а вверх по уклону.

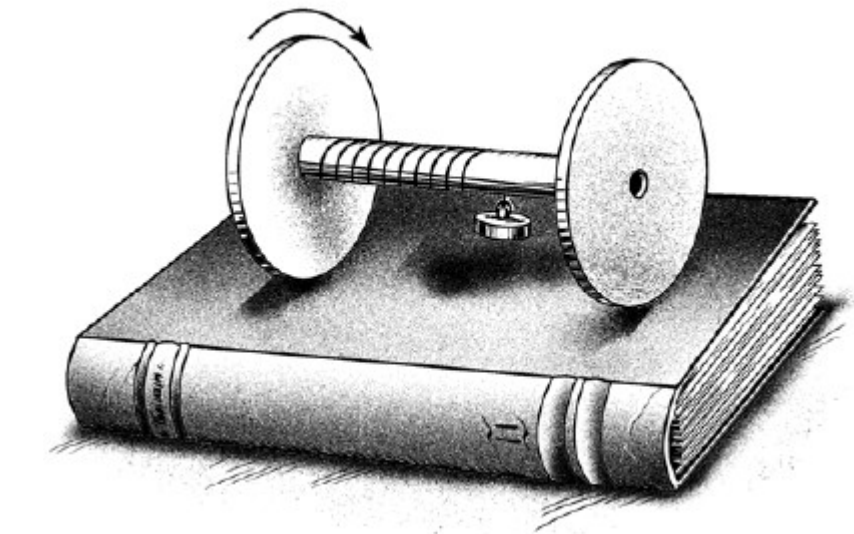


Рис. 8. Эти колеса могут катиться сами вверх по уклону

Причина понятна: груз, стремясь упасть, разматывает бечевку, заставляя тем самым вращаться колеса, которые и катятся вверх по уклону. Конечно, уклон должен быть не крутой. Здесь нет никакого нарушения законов физики. Внимательно проделывая опыт, вы можете заметить, что хотя колеса и вкатываются вверх, груз все же в конце пути не оказывается выше, чем в начале. Центр тяжести всего приборчика понизился.

Наш опыт можно обставить и еще занятнее. Обклейте колеса бумагой так, чтобы получился цилиндр, скрывающий свой нехитрый внутренний «механизм». Теперь, намотав бечевку на валик, поместите цилиндр посредине наклонной доски и

спросите зрителей: куда покатится цилиндр – вверх или вниз? Все, разумеется, скажут, что вниз, и будут крайне изумлены, когда на их глазах цилиндр покатится вверх.

Как взвесили Землю

Прежде всего необходимо объяснить смысл выражения: «взвесить Землю». Ведь если бы даже было возможно взвалить земной шар на какие-нибудь весы, то где же весы эти установить? Когда мы говорим о весе какой-нибудь вещи, то в сущности речь идет о той силе, с какой вещь эта притягивается Землей или стремится падать к Земле, к ее центру. Но сама-то наша Земля не может же падать на себя! Поэтому говорить о весе земного шара бессмысленно, пока не установлено, что надо понимать под этими словами.

Смысл слов «вес Земли» может быть только таков. Вообразите, что из Земли вырезали куб в метр вышины и взвесили. Вес этого куба записали, а сам куб поместили на прежнее место; потом вырезали соседний кубический метр и тоже взвесили. Записав вес второго куба, установили его на свое место и вырезали третий. Если перебрать так один за другим все кубические метры, из которых состоит наша планета, взвесить их поодиночке, а затем все их веса сложить, мы узнаем, сколько весит все вещество, составляющее земной шар. Короче сказать, поступая указанным образом, мы взвесили бы Землю.

Само собою разумеется, что на деле выполнить такую работу немыслимо. Если бы мы даже могли изрыть всю поверхность земного шара, то забраться в его недра мы не в силах. Нигде еще человек не вкапывался в землю глубже 4 километров, – а ведь до центра земного шара свыше 6 000 километров… Значит ли это, что людям надо отказаться от надежды узнать вес своей планеты? Существует, однако, косвенный путь для взвешивания земного шара. Ученые пошли по этому пути и достигли полного успеха. Вот в чем состоит этот косвенный путь. Мы знаем, что вес вещи есть сила, с какою эта вещь притягивается Землею. Один кубический сантиметр воды притягивается Землею с силой одного грамма (ведь он весит один грамм). Если мы возьмем не кубический сантиметр воды, а кубический метр воды, заключающий воды в миллион раз больше, то он будет притягиваться в миллион раз сильнее: его вес будет 1 000 000 граммов, т. е. одна тонна. Но притяжение между взвешиваемою вещью и Землею зависит также от количества материи в ней, и если бы наша планета заключала в себе вещества в миллион раз больше, один грамм весил бы на *такой Земле* целую тонну. И наоборот, если бы Земля заключала в миллион раз меньше вещества, она притягивала бы все вещи во столько же раз слабее, и тогда один грамм весил бы на такой планете только

миллионную долю грамма.

Косвенный путь взвешивания Земли состоял в том, что ученые изготовили как бы крошечную Землю и измерили, с какою силою она притягивает к себе 1 грамм вещества. Сделано это было примерно так. К одной чашке очень чувствительных и точных весов подвешивается шарик, и весы уравновешиваются гирей, поставленной на другую чашку. Затем под первую чашку подводят большой свинцовый шар, вес которого точно известен. При этом оказывается, что весы выходят из равновесия: большой шар притягивает к себе маленький шарик, подвешенный к чашке весов и заставляет ее опускаться. Чтобы снова уравновесить весы, нужно на другую чашку положить небольшой добавочный грузик. Этот добавочный грузик и измеряет ту силу, с какой большой шар притягивает к себе маленький. Мы можем теперь сказать, во сколько раз сила притяжения земного шара больше, чем сила притяжения свинцового шара. Но это еще не значит, что во столько же раз Земля тяжелее свинцового шара: надо принять в расчет и то, что подвешенный шарик отстоит от центра Земли на 6 400 километров, а от центра свинцового шара – всего только на несколько сантиметров. Ученым в точности известно, как ослабевает сила взаимного притяжения с увеличением расстояния; поэтому они смогли учесть влияние различия расстояния в нашем случае и определить, во сколько именно раз земной шар заключает в себе больше килограммов вещества, чем свинцовый. Короче сказать, они могли узнать, сколько весит Земля. А именно: узнали, что Земля весит круглым числом шесть тысяч миллионов миллионов миллионов тонн:

6 000 000 000 000 000 000 000 тонн.

Если бы мы отвешивали такую массу на весах и каждую секунду клали на чашку миллион тонн, то знаете, сколько времени должны были бы мы безостановочно, день и ночь, работать, чтобы закончить такое отвешивание? Двести миллионов лет! А ведь один миллион тонн во много раз тяжелее самых тяжелых сооружений, возведенных руками человека. Эйфелева башня весит всего 9 000 тонн, а корабли-исполины – линкоры и плавающие пассажирские дворцы – не тяжелее 30–50 тысяч тонн.

Тем удивительнее должна нам казаться научная изобретательность человека, который сумел измерить этот чудовищный груз, сумел взвесить ту планету, на которой он живет.

Конечно, в действительности опыт был обставлен не так просто, как мы изобразили. Чтобы сделать его суть понятнее, нам

пришлось упростить его, отбросив все подробности. Притяжение свинцового шара настолько слабо, что для его обнаружения и измерения потребовался целый набор очень точных и сложных инструментов, устройство которых представляет интерес только для тех, кто намерен и имеет возможность сам повторить этот опыт.

Прыжки вверх

Прыжок с места на высоту одного метра считался в легкой атлетике довольно хорошим достижением, а прыжок на высоту полутора метров являлся уже рекордным[3]. Но как следует при этом мерить высоту прыжка?

Казалось бы, естественнее всего определять, на какое наибольшее расстояние удаляется от земли нижняя точка тела. Если так оценивать величину прыжка вверх, то из трех прыжков, изображенных на рис. 9, самый высокий – прыжок через барьер (крайняя правая фигура). Ведь это подъем на высоту чуть не полутора метров, между тем как на второй фигуре мы видим прыжок всего на высоту каких-нибудь 30–40 см.

Может быть, иной физкультурник так и расценит эти прыжки. Но если вы предложите оценить их физику, он удивит вас заявлением, что все три прыжка одинаковы по затраченной мускульной энергии. Почему? Потому что во всех случаях центр тяжести тела поднят на одну и ту же высоту. Центр тяжести человеческого тела находится там, где поставлено черное пятнышко на нашем рисунке. И вы видите, что три пятнышка прыгающих фигур находятся на одном и том же уровне, несмотря на различное положение тела прыгунов. А затрачиваемая энергия зависит только от того, как высоко поднят центр тяжести тела.

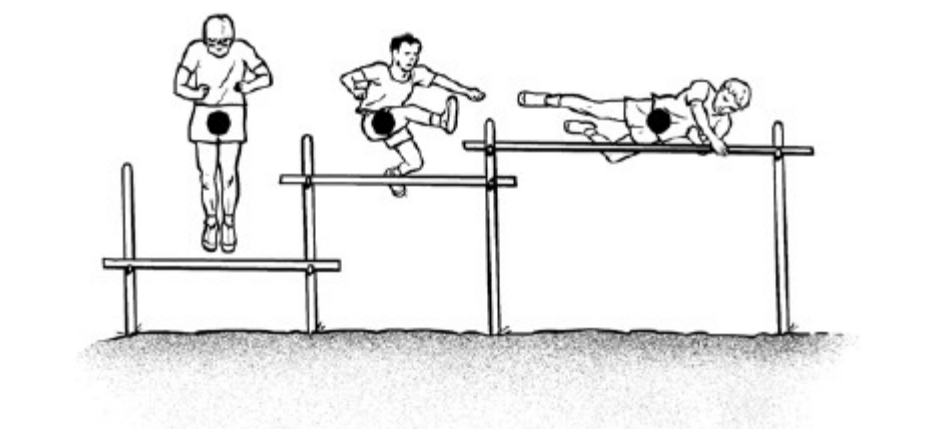


Рис. 9. Прыжки через барьер. Черное пятнышко на фигурах обозначает центр тяжести человеческого тела

Удар

Сталкиваются ли между собою две лодки, два трамвайных вагона, два крокетных или биллиардных шара, несчастный ли это случай или только очередной ход в игре, – физик обозначает такое происшествие одним коротким словом: удар. Удар длится миг, но если ударяющиеся предметы, как обычно и бывает, упруги, то в это краткое мгновение успевает совершиться весьма многое. В начале удара оба столкнувшихся предмета сжимают друг друга в том месте, где они соприкасаются. Наступает момент, когда взаимное сжатие достигает наибольшей степени; внутреннее противодействие, возникшее в ответ на сжатие, мешает дальнейшему сжатию, уравновешивая надавливающую силу. В следующий момент сила противодействия, стремясь восстановить форму тела, расталкивает предметы в противоположные стороны: ударяющий предмет получает свой удар обратно. И мы действительно наблюдаем, что если, например, биллиардный шар ударяет в другой такого же веса, но неподвижный, то налетевший шар останавливается на месте, а шар, бывший в покое, откатывается со скоростью первого шара.

Очень интересно следить за тем, что происходит, когда шар налетает на цепь соприкасающихся шаров, расставленных прямой шеренгой. Удар, полученный крайним шаром, как бы проносится через цепь, но все шары остаются на своих местах, и только крайний шар, самый далекий от места удара, отлетает в сторону: ему нечему передать удар и получить его обратно.

Этот опыт можно проделать с крокетными шарами, но он хорошо удается и с шашками или с монетами. Расположите шашки в прямой ряд – можете и очень длинный, но так, чтобы они плотно примыкали одна к другой. Придержав пальцем крайнюю шашку, ударьте по ее ребру деревянной линейкой: вы увидите, как с другого конца отлетит крайняя шашка, а все промежуточные сохранят свои места.

Яйцо в стакане

Клоуны в цирках изумляют иногда публику тем, что сдергивают скатерть с накрытого стола, – но, к общему изумлению, все тарелки, стаканы, бутылки невредимо остаются на местах. Здесь нет ни чуда, ни обмана, – это дело ловкости, которая изощряется продолжительным упражнением.

Такого проворства вам конечно не достичь. Но проделать подобный же опыт в маленьком виде будет нетрудно.

Приготовьте на столе стакан, до половины налитый водой, и почтовую карточку (еще лучше половину ее); далее, раздобудьте колечко от ключей и яйцо, сваренное для безопасности вкрутую. Расположите эти четыре предмета так: стакан с водой покройте карточкой, на нее положите кольцо, на которое стоймя опирается яйцо. Можно ли выдернуть карточку так, чтобы яйцо не покатилось на стол?

Рис. 10. Удар в различных опытах

На первый взгляд это так же трудно, как выдернуть скатерть, не уронив расставленной на ней посуды. Но вы проделаете эту замысловатую вещь, вышибив карточку удачным щелчком. Она полетит на другой конец комнаты, а яйцо… яйцо оказывается невредимым в стакане с водой! Вода смягчает удар и охраняет скорлупу от поломки.

Объяснение этого маленького чуда в том, что вследствие краткости удара яйцо не успевает получить от вышибаемой карточки заметной скорости; между тем сама карточка, получившая удар, успевает выскользнуть. Оставшись без опоры, яйцо падает отвесно в подставленный стакан.

Если опыт не удастся вам сразу, напрактикуйтесь в выполнении более легкого опыта того же рода. Положите на палец почтовую карточку (лучше – половину ее), а поверх нее монету потяжелее (пятак). Щелчком вышибаете карточку из-под монеты: бумага выскользает, монета же остается на пальце. Хорошо удается опыт, если вместо карточки взять железнодорожный билет.

При известной ловкости можно ухитриться также вышибить ножом или ребром линейки нижнюю шашку высокой стопки, не нарушая целости всего сооружения.

Необычайная поломка

Фокусники выполняют нередко красивый опыт, который кажется необычайным, хотя объясняется довольно просто. На два бумажных кольца подвешивается шест, опирающийся на них концами; сами же кольца перекинуты: одно – через лезвие бритвы, другое – через хрупкую курительную трубку. Фокусник со всего размаху ударяет по шесту палкой. И что же? Шест ломается, а бумажные кольца и трубка остаются невредимыми!

Объяснение опыта – то же, что и предыдущего. Удар настолько быстр, действие его настолько кратко, что ни бумажные кольца, ни даже концы ударяемого шеста не успевают получить перемещения. Движется только та часть шеста, которая непосредственно подверглась удару, и шест от этого переламывается. Секрет успеха, следовательно, в том, чтобы удар был очень быстр, отрывист. Медленный, вялый удар не переломит шеста, а разорвет бумажные кольца.

Рис. 11. Действия быстрого удара

Я не предполагаю у вас такой ловкости, чтобы советовать проделать подобный фокус. Вам придется примириться с более скромным видоизменением его.

Положите на край низкого стола или скамейки два карандаша так, чтобы часть их свободно выступала, и на эти свободные концы положите хрупкую палочку. Сильный и быстрый удар ребром линейки по середине палочки переломит ее, но карандаши, на которые она опиралась концами, останутся на местах.

Множество явлений обыденной жизни находят себе объяснение в этой кратковременности удара, т. е. в том, что сила, даже значительная, не может заметно сдвинуть тело, если время ее действия чересчур кратко. Орех невозможно расколоть плавным, хотя и сильным давлением ладони, но легко раздробить резким ударом кулака: в последнем случае удар не успевает распространиться по мясистой части кулака, и тогда мягкие мускулы наши, не уступая напору ореха, действуют на него, как жесткое тело.

По той же причине пуля пробивает в окне маленькую круглую дырочку, а камешек, брошенный рукой, разбивает в осколки все стекло. Еще более медленный толчок сможет повернуть оконную раму в петлях; ни пуля, ни камешек этого не сделают.

Пример такого же явления представляет перерезывание стебля ударом прута. Напирая медленно прутом, хотя бы с большой силой, вы не перережете стебля, а только отклоните его в сторону. Ударив же с размаху, вы перережете его наверняка, если стебель не слишком толст. И здесь, как в предыдущих случаях, быстротой движения прута достигается то, что удар не успевает передаться всему стеблю. Он как бы сосредоточивается на небольшом, непосредственно затронутом участке, который и принимает на себя все последствия удара.

Вот наконец еще один опыт, столь же простой, сколько и поучительный. Положите шест (например, от половой щетки) на створки раскрытой двери, привяжите к нему бечевкой тяжелый груз (чем тяжелее, тем лучше), а к грузу на другой бечевке – планку, за которую удобно было бы тянуть, ухватившись руками. Какая бечевка разорвется, если вы потянете обеими руками за планку: верхняя или нижняя? Оказывается, что от вас самих зависит устроить так, чтобы разрывалась то верхняя, то нижняя бечевка. Если потянете медленно, оборвется верхняя, если быстро – рвется нижняя.

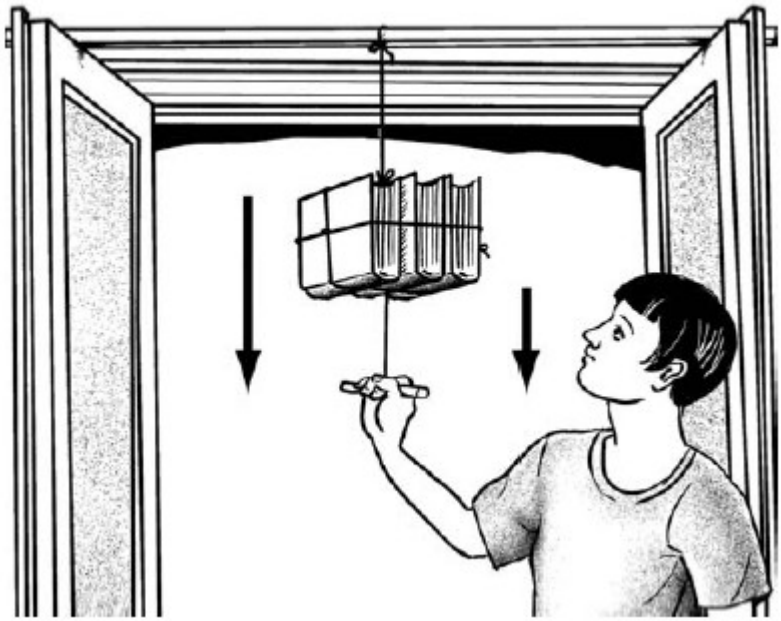


Рис. 12. Где оборвется бечевка: над или под книгами?

Причину долго искать не придется; вы достаточно подготовлены, чтобы указать ее безошибочно. При медленном натяжении обрывается верхняя бечевка, потому что на нее действует не только сила руки, по также и вес груза; на нижнюю же действует одна лишь сила вашей руки. Иное дело при быстром рывке: груз не успевает за этот краткий миг получить заметного движения, и, значит, верхняя бечевка почти не растягивается; вся сила натяжения приходится на нижнюю бечевку – она и разрывается, даже в том случае, если толще верхней.

Рычаги

Когда приходится приподнимать тяжелый груз, например, большой валун на поле, часто поступают так: подсовывают прочную палку одним концом под валун, подкладывают близ этого конца небольшой камень, полено или что-нибудь другое для опоры и налегают рукой на другой конец палки. Если валун слишком тяжел, то таким способом удается его приподнять с места.

Такая прочная палка, могущая поворачиваться вокруг одной точки, называется «рычагом», а точка, вокруг которой рычаг поворачивается, – его «точкой опоры». Надо запомнить также, что расстояние от руки (вообще от точки, где приложена сила) до точки опоры называется «плечом рычага»; так же называется расстояние от места, где на рычаг напирает камень, до точки опоры. У каждого рычага, следовательно, два плеча. Эти названия частей рычага нам нужны для того, чтобы было удобнее описать его действие.

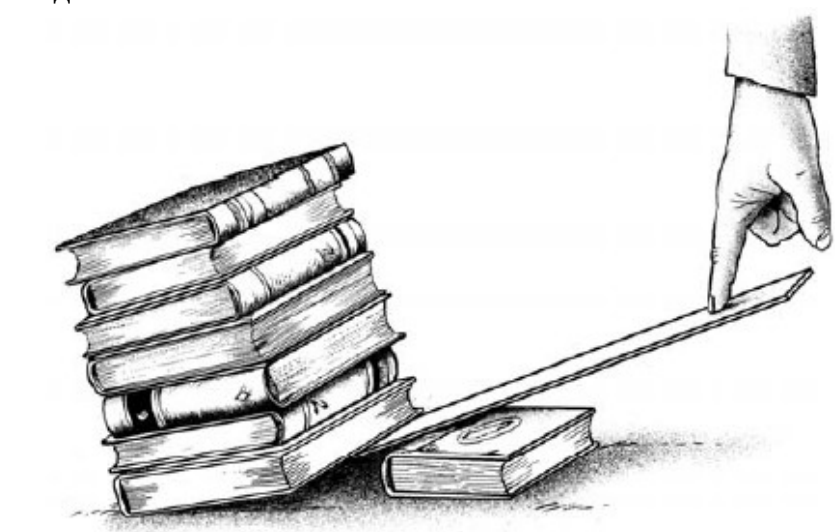


Рис. 13

Испытать работу рычага нетрудно: вы можете превратить в рычаг любую палочку и пробовать опрокидывать ею хотя бы стопку книг, подпирая свой рычаг книгой же. При таких опытах вы заметите, что, чем длиннее плечо, на которое вы напираете рукой, по сравнению с другим плечом, тем легче поднять груз. Вы можете на рычаге небольшою силою уравновесить большой груз только тогда, когда действуете на достаточно длинное плечо

рычага, – длинное по сравнению с другим плечом. Каково же должно быть соотношение между вашею силою, величиной груза и плечами рычага, чтобы сила ваша уравновешивала груз? Соотношение таково: ваша сила должна быть во столько раз меньше груза, во сколько раз короткое плечо меньше длинного.

Приведем пример. Предположим, нужно поднять камень весом 180 кг; короткое плечо рычага равно 15 см, а длинное – 90 см. Силу, с которой вы должны напирать на конец рычага, обозначим буквой x. Тогда должна существовать пропорция:

x: 180 = 15: 90.

Отсюда:

$$x = \frac{180 \times 15}{90} = 30.$$

Значит, вы должны напирать на длинное плечо с силою 30 кг.

Еще пример: вы в состоянии налегать на конец длинного плеча рычага с силою только 15 кг. Какой наибольший груз можете вы поднять, если длинное плечо равно 64 см, а короткое – 28 см?

Обозначив неизвестный груз через x, составляем пропорцию:

15: x = 28: 84,

откуда

$$x = \frac{15 \times 84}{28} = 45.$$

Значит, вы можете таким рычагом поднять не больше 45 кг.

Сходным образом можно вычислить и длину плеча рычага, если она неизвестна. Например, сила в 10 кг уравновешивает на рычаге груз в 150 кг. Какой длины короткое плечо этого рычага, если его длинное плечо равно 105 см?

Обозначив длину короткого плеча буквою x, составляем пропорцию:

10: 150 = x: 105,

откуда

$$x = \frac{150 \times 10}{105} = 7.$$

Короткое плечо равно 7 см.

Тот вид рычага, который был рассмотрен, называется рычагом первого рода. Существует еще рычаг второго рода, с которым мы теперь познакомимся.

Предположим, нужно поднять большой брус (рис. 14). Если он слишком тяжел для ваших сил, то вы засовываете под брус прочную палку, упираете ее конец в пол и тянете за другой конец вверх. В данном случае палка является рычагом; точка его опоры на самом конце; ваша сила действует на второй конец; но груз напирает на рычаг не по другую сторону от точки опоры, а по ту же сторону, где приложена ваша сила. Иными словами, плечи рычага в данном случае: длинное – полная длина рычага и короткое – часть его, засунутая под брус. Точка же опоры лежит не между силами, а вне их. В этом отличие рычага 2-го рода от рычага 1-го рода, у которого груз и сила расположены по разные стороны от точки опоры.

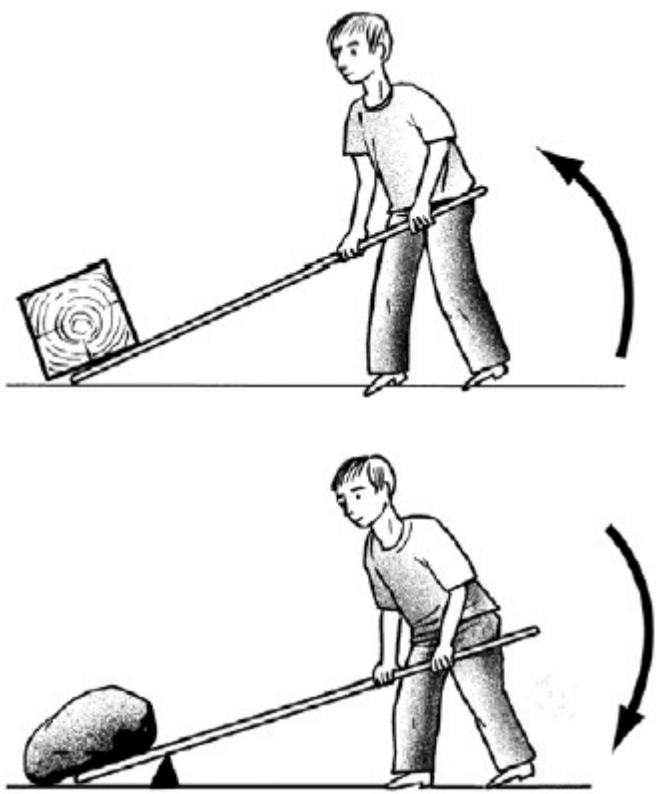


Рис. 14. Рычаги 1-го и 2-го рода: груз и сила расположены по разные стороны от точки опоры

Несмотря на это отличие, соотношение сил и плеч на рычаге 2-го рода такое же, как на рычаге 1-го рода: сила и груз обратно пропорциональны длинам плеч[4]. В нашем случае, если для непосредственного поднятия двери нужно, например, 27 кг, а длина плеч 18 см и 162 см, то сила *x,* с которой вы должны действовать на конец рычага, определяется из пропорции

x: 27 = 18: 162,

откуда

$$x = \frac{27 \times 18}{162} = 3.$$

Ваше усилие должно быть не меньше 3 кг (не меньше потому, что сила в 3 кг только уравновешивает сопротивление двери).

Билетный автомат

Для продажи билетов, дающих право выйти на платформу, поставлены на некоторых вокзалах билетные автоматы; вы бросаете в щель автомата 10-копеечную монету – и из другой щели тотчас же выскакивает билет. Многие думают, что внутри автомата сложный механизм. Между тем приспособление здесь довольно простое: не что иное, как видоизменение известного уже вам рычага.

Взгляните на рис. 15, и секрет билетного автомата станет для вас ясен. Монета скатывается на конец рычажка и своим весом (и ударом) заставляет его опускаться. От этого противоположный, более короткий конец рычажка приподнимается, увлекая за собой пластинку, за которой на косом основании лежит стопка билетов. Пластинка поднимается ровно настолько, чтобы через образовавшуюся щелочку как раз мог проскользнуть один билетик. Вот и все нехитрое устройство автомата. Конечно, нужно подобрать длину плеч рычага так, чтобы вес и удар 10-копеечной монеты были достаточны для надлежащего поднятия пластинки. Монета меньшего веса не произведет этого действия. А кружок того же веса, но из другого материала будет иметь ведь другие размеры и, значит, не пройдет через монетную щелочку автомата.

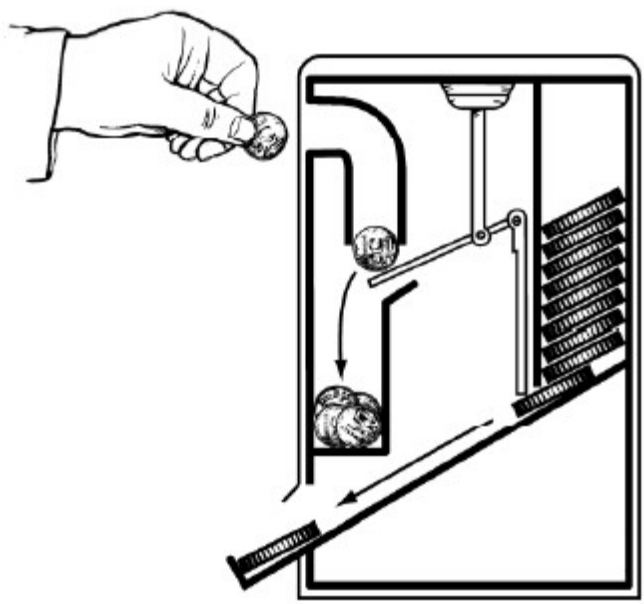


Рис. 15. Устройство билетного автомата

Ворот и шпиль

Кому не случалось видеть, как из глубоких колодцев поднимают полные ведра с помощью «ворота», при этом вращается вал, на который наматывается веревка: она-то и вытягивает ведро с водою.

Почему же таким способом легче вытаскивать тяжелое ведро, чем просто руками? Рассмотрим ворот внимательнее (рис. 16). Когда поворачивают колесо *A* в направлении стрелки, то в том же направлении поворачивается и вал.

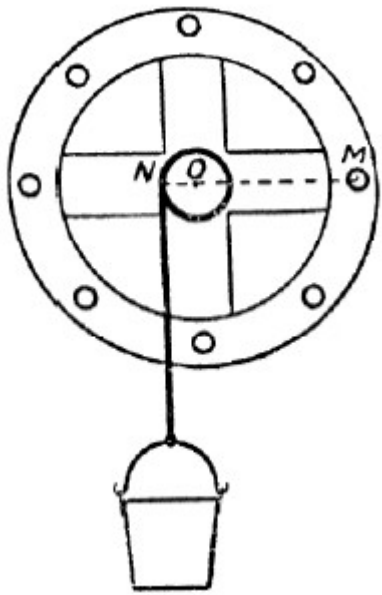


Рис. 16. Как работает ворот

Проведем прямую *NM* через ось вала. Эту прямую мы можем рассматривать как рычаг, который вращается вокруг точки *O*. Сила приложена в точке *M,* а поднимаемый груз – в *N* (силы по разные стороны от точки опоры: это рычаг 1-го рода). Следовательно, сила, приложенная в точке *M* (т. е. к колесу), во столько раз меньше силы, приложенной в *N (т. е.* к валу), во сколько раз *ON* (радиус вала) меньше *OM* (радиуса колеса). Но радиус вала всегда в несколько раз меньше радиуса колеса; следовательно, на колесо приходится действовать с силою в несколько раз меньшею, чем вес полного ведра. Отсюда ясна выгода ворота. Если, например, радиус колеса 60 см, а радиус

вала $1^1/_2$ см, то ведро с водой весом 12 кг можно уравновесить силою x, которая определяется из пропорции:

x: 12 = 7 $^1/_2$: 60,

откуда

$$x = \frac{12 \times 7\,½}{60} = 1\,½.$$

Существуют вороты, приспособленные не для поднятия грузов, а для волочения; такой ворот называется шпилем, или кабестаном. Здесь вал – стоячий, а не лежачий, а вместо колеса имеются длинные шесты – «водила», которыми вращают вал. Нетрудно сообразить, что сила, с какой приходится напирать на конец водила, во столько раз меньше сопротивления груза (его трения об опору), во сколько раз радиус вала меньше длины водила.

Пусть, например, нужно передвигать груз, требующий без шпиля усилия в 500 кг; имеется шпиль с валом радиуса 21 см и с водилами длиною 3 $^1/_2$ м. Тогда усилие *x,* которое нужно приложить к концу водил, чтобы тащить груз, найдем из пропорции:

x: 500 = 21: 350,

откуда

$$x = \frac{50 \times 21}{350} = 30 \text{ кг.}$$

Золотое правило механики

На вороте или на шпиле можно, значит, небольшою силою привести в движение значительный груз. Но скорость этого движения в таких случаях бывает невелика, – меньше, чем скорость, с какою движется приложенная к вороту сила.

Рассмотрим последний пример со шпилем: при одном полном обороте конец шеста, где приложена сила, описывает путь длиною

$2 \times 3{,}14 \times 350 = 2200$ см.

Тем временем вал сделает также один оборот, намотав на себя кусок веревки, длиною

$2 \times 3{,}14 \times 21 = 130$ см.

Следовательно, груз подтянется всего на 130 см. Сила прошла 2 200 см, а груз за то же время – только 130 см, т. е. почти в 17 раз меньше. Если сравните величину груза (500 кг) с величиною усилия, прилагаемого к шпилю (30 кг), то убедитесь, что между ними существует такое же отношение:

500: 30 = около 17.

Вы видите, что путь груза во столько же раз меньше пути силы, во сколько раз эта сила меньше груза. Другими словами: во сколько раз выигрывается в силе, во столько же раз теряется в скорости.

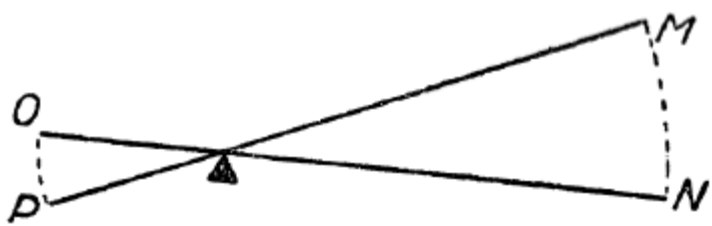


Рис. 17. Объяснение золотого правила механики

Это правило применимо не только к вороту или шпилю, но и к рычагу, и ко всякой вообще машине (его издавна называют «золотым правилом механики»).

Рассмотрим, например, рычаг, о котором говорилось на с. 51. Здесь выигрывается в силе в 3 раза, но зато, пока длинное плечо рычага (см. рис. 17) описывает своим концом большую дугу *MN,* конец короткого плеча описывает втрое меньшую дугу *OP*. Следовательно, и в этом случае путь, проходимый грузом, меньше пути, проходимого в то же время силою, в 3 раза – во столько же раз, во сколько эта сила меньше груза.

Теперь вам станет понятно, почему в некоторых случаях выгодно пользоваться рычагами наоборот: действуя большою силой на короткое плечо, чтобы двигать маленький груз на конце длинного плеча. Какая выгода так поступать? Ведь мы теряем здесь в силе! Конечно, зато во столько же раз выигрываем в скорости. И когда нам необходима большая скорость, мы приобретаем ее этой ценой. Такие рычаги представляют кости наших рук (рис. 18): в них мускул прикреплен к короткому плечу рычага 2-го рода и приводит в быстрое движение кисть руки.

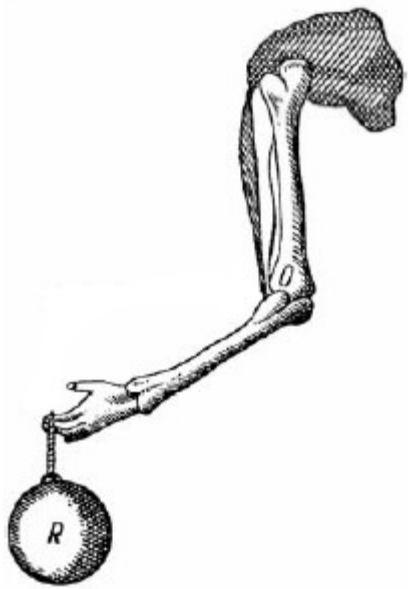


Рис. 18. Наша рука – рычаг. Какого рода?

В данном случае потеря силы вознаграждается выигрышем скорости. Мы были бы крайне медлительными существами, если бы кости нашего скелета были устроены как рычаги, выигрывающие в силе и, значит, теряющие в скорости.

Машины Архимеда

Учение о рычаге разработано было впервые древнегреческим математиком Архимедом, жившим в Сиракузах (Сицилия) за двести лет до нашей эры. Легенды, в которых, вероятно, кроется большая доля истины, повествуют о замечательных машинах, которые были придуманы им на основе рычага. Вот что рассказывает об этом древний историк Плутарх:

> «Марцел (римский полководец) приближался и по суше и морем. На суше войско шло под командою Аппия, а сам Марцел плыл во главе шестидесяти галер, о пяти рядах весел, со всякого рода метательными снарядами и оружием. Восемь судов, соединенных вместе, составляли род обширного помоста, на котором возвышалась стенобитная машина. Так плыл он к городу, доверяясь громадности и могуществу приспособлений и своей славе. Это однако не смутило Архимеда. Что все это значило в сравнении с его машинами?
>
> «Однажды Архимед написал царю (сиракузскому) Гиерону, которому он был родственник и друг, что данною силой можно подвинуть какой угодно груз. Увлеченный жаром и силой доказательств, он прибавил, что если бы была другая земля, то, перейдя на нее, он сдвинул бы с места нашу. Удивленный Гиерон просил Архимеда осуществить задачу на практике и показать ему случай передвижения огромного груза малою силой. Архимед выбрал одну из царских галер; с великим трудом, работою многих рук, перевел ее на землю, посадил на нее много народу и нагрузил, как обычно. Сам же сел на некотором расстоянии; потом без усилия стал потихоньку двигать конец машины, состоявшей из блоков и веревок, и тянуть галеру, которая пошла, не качаясь, как если бы плыла по ровной поверхности моря. Царь, пораженный виденным и оценив могущество науки, пригласил Архимеда построить машины, пригодные для осады в случае ли нападения, или обороны.

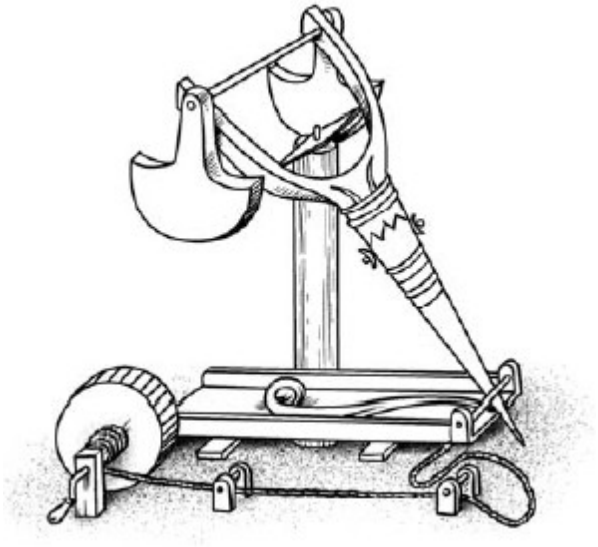


Рис. 19. Метательное орудие времен Архимеда: полевая баллиста

«В настоящих обстоятельствах приготовления эти пришлись как нельзя более кстати для сиракузцев, которые вместе с изготовленными машинами имели в своей среде и самого их изобретателя.

«При двойной атаке римлян сиракузцы онемели, пораженные ужасом. Что могли они противопоставить таким силам, такой могущественной рати? Но Архимед пустил в ход свои машины. Сухопутная армия была поражена градом метательных снарядов и громадных камней, бросаемых с великой стремительностью. Ничто не могло противостоять их удару: они все низвергали перед собою и вносили смятение в ряды. Что касается флота, то вдруг с высоты стен опускались бревна и вследствие своего веса и приданной им скорости топили суда. Железные когти и клювы захватывали суда: подымали их в воздух носом вверх, кормою вниз и потом погружали в воду. Иные суда приводились во вращение и, кружась, попадали на подводные камни и утесы у подножия стен. Большая часть находившихся на судах погибала при этом. Ежеминутно видели какое-нибудь судно поднятым в воздухе над морем. Страшное зрелище!

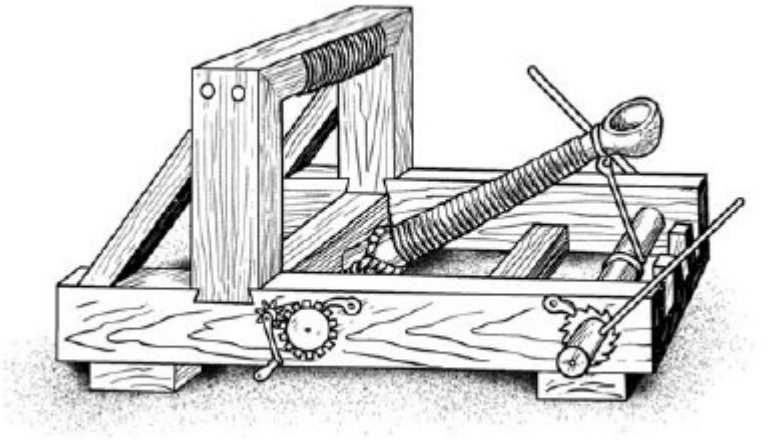


Рис. 20. Тяжелая осадная баллиста времен Архимеда

«Достигнув стен, римляне воображали себя в безопасности, но они были под ударами. Камни падали на них сверху, стены отовсюду пускали в них копья. Они удалялись обратно, но летали новые метательные снаряды и поражали отступающих. Много воинов погибло, суда сталкивались между собою; причинить же какой-либо вред осаждаемым нельзя было: большая часть машин Архимеда была за стенами. Невидимая рука бросала тысячи зол в римлян.

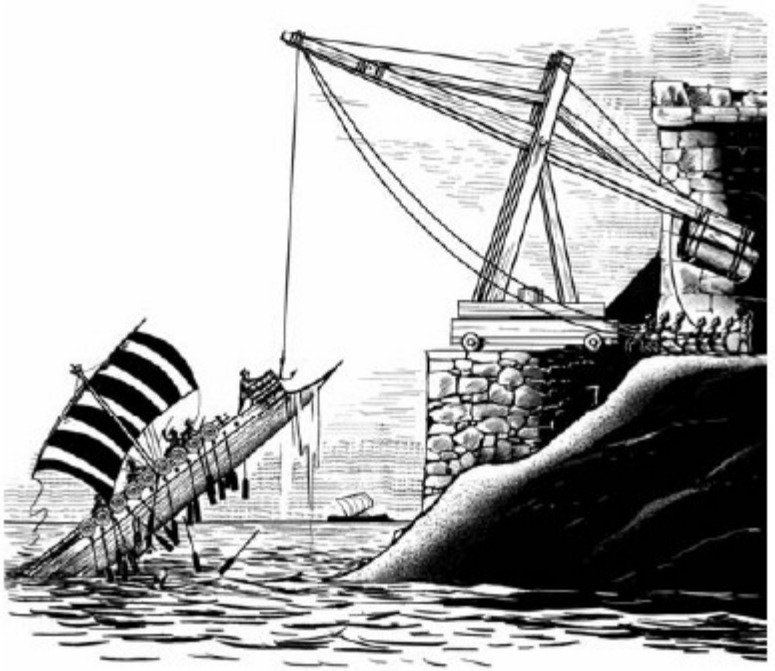


Рис. 21

«Видя все это, Марцел отказался от нападения и исход осады решил предоставить времени.

«Таковы были величие души Архимеда, глубина его гения, неисчерпаемость его знаний».

Лошадиная сила и работа лошади

Мы часто слышим выражение «лошадиная сила» и привыкли к нему. Поэтому мало кто отдает себе отчет в том, что это старинное наименование совершенно неправильно. «Лошадиная сила» – не сила, а мощность и притом даже не лошадиная. Мощность – это работа, совершаемая двигателем каждую секунду. Лошадиная сила – мощность двигателя, совершающего ежесекундно 75 килограммометров работы; это значит, что двигатель в 1 лошадиную силу каждую секунду выполняет работу, одинаковую с работой поднятия 1 кг на высоту 75 м (или 75 кг на высоту 1 м). Это ничего не говорит о силе, затрачиваемой двигателем, а лишь о работе, т. е. о произведении силы на пройденный путь.

Может ли лошадь совершать при работе каждую секунду 75 килограммометров работы? В отдельные секунды она способна развить и большую мощность, например, перепрыгивая через препятствие, когда в течение 1–2 секунд поднимает груз своего веса (около 300–400 кг) на высоту метра. Но работать так в течение целого дня и длинного ряда дней, как работает механический двигатель, живая лошадь не может.

Мощность лошади далеко не достигает даже и одной «лошадиной силы».

Откуда же в таком случае взялось название «лошадиная сила», если нет соответствия с энергией лошади? Название это родилось случайно и вот при каких обстоятельствах.

Во времена Уатта, знаменитого изобретателя паровой машины, жил в Англии пивовар, пожелавший поставить у себя машину Уатта для приведения в действие водяного насоса. До той поры насос работал конной тягой, и заводчик поставил Уатту условие, чтобы машина была не менее производительна, чем лошадь. Уатт принял это требование.

Желая сравнить работу машины и лошади, пивовар выбрал самую сильную лошадь и приказал работникам стегать ее не жалея. При таких ненормальных условиях лошадь работала сверх сил и накачала столько воды, что, учитывая глубину, откуда воду брали, мощность лошади надо было оценить в 70 килограммометров.

Рис. 22. Джемс Уатт, изобретатель паровой машины

Уатт знал о хитрости заводчика, но знал также и высокую мощность своей паровой машины. Поэтому он принял преувеличенную оценку пивовара и даже поднял ее до 75 килограммометров. С тех пор и установился обычай считать механическую «лошадиную силу» равной 75 килограммометрам, хотя мощность живой лошади едва достигает $^2/_3$ этой величины.

Искуснее Колумба

«Христофор Колумб был великий человек, – писал один школьник в своем классном сочинении. – Он открыл Америку и поставил яйцо». Оба подвига казались юному школьнику одинаково достойными изумления. Напротив, американский юморист Марк Твен не видел ничего удивительного в том, что Колумб открыл Америку: «Было бы удивительно, если бы он не нашел ее на месте».

Я осмеливаюсь думать, что не много стоит и второй подвиг великого мореплавателя. Вы знаете, как Колумб поставил яйцо? Попросту придавил его к столу, сломив скорлупу в нижней части. При этом он, разумеется, изменил форму яйца.

А как поставить яйцо, не меняя его формы?

Этой задачи отважный моряк так и не разрешил.

Между тем она несравненно легче, чем открытие Америки или даже самого крошечного островка. Укажу вам два способа: один – для вареных яиц, другой – для всяких.

Чтобы поставить вареное яйцо, достаточно закружить его пальцами одной руки или между ладонями рук, как кубарь или юла: яйцо завертится стоймя и будет сохранять стоячее положение до тех пор, пока вертится. После двух-трех проб опыт удается довольно легко.

Поставить указанным способом яйцо сырое нельзя: сырые яйца, как вы, вероятно, уже заметили, вертятся плохо. В этом состоит, между прочим, безошибочный способ отличить, не ломая скорлупы, вареное яйцо от сырого. Жидкое содержимое сырого яйца не увлекается в такое же быстрое вращение, как скорлупа, и потому словно тормозит его движение. Приходится искать другой способ ставить яйца. Способ этот существует. Яйцо ставят, например, на край горлышка бутылки и на него помещают пробку с воткнутыми в нее двумя вилками. Вся эта «система» (как выразился бы физик) довольно устойчива и сохраняет равновесие даже при осторожном наклонении бутылки.

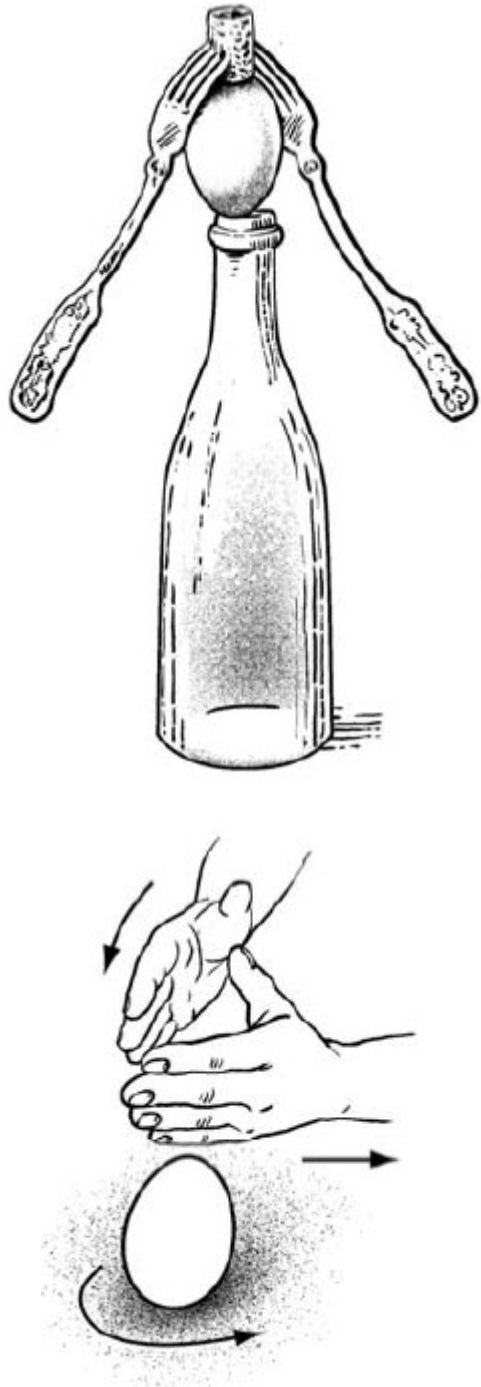


Рис. 23

Но почему же пробка и яйцо не падают? По той же причине,

почему не падает карандаш, отвесно поставленный на палец, если в него воткнуть перочинный нож: центр тяжести системы лежит ниже точки опоры. Это значит, что та точка, к которой приложен вес «системы», расположена ниже того места, на которое она опирается.

Теперь вас уже не удивит, почему так устойчиво качается в кольце игрушечный попугай и почему не опрокидываются всевозможные «ваньки-встаньки» (рис. 24).

Рис. 24

Движение по кругу

Раскройте зонтик, уприте его концом в пол, закружите и бросьте внутрь мячик, скомканную бумагу, носовой платок – вообще что-нибудь легкое и неломкое. Произойдет нечто для вас неожиданное. Зонтик словно не пожелает принять подарка: мяч или бумажный ком выползут вверх, до краев зонтика, а оттуда полетят на пол.

Причину, которая в этом опыте выбросила мяч, принято называть «центробежной силой», хотя правильнее называть ее «инерцией». Она обнаруживается всякий раз, когда тело движется по круговому пути. Это не что иное, как один из случаев проявления инерции – стремления движущегося предмета сохранять направление и скорость своего движения.

Рис. 25

С таким проявлением инерции мы встречаемся гораздо чаще, чем сами подозреваем. Старинное оружие для метания камней – праща – работает по той же причине. Инерция кругового движения разрывает жернов, когда он заверчен слишком быстро и недостаточно прочен. Если вы ловки, она поможет вам выполнить фокус со стаканом, из которого вода не выливается, хотя он опрокинут вверх дном: для этого нужно только быстро взмахнуть стаканом над головой, описав круг. Инерция же помогает велосипедисту в цирке делать головокружительную «чертову петлю». Она же отделяет сливки от молока в так называемых «центробежных» сепараторах; она извлекает мед из сотов в центробежке и т. д.

Когда трамвайный вагон описывает кривую часть пути, например, при повороте из одной улицы в другую, то пассажиры непосредственно на себе ощущают силу, которая прижимает их по направлению к внешней стенке вагона. При достаточной скорости движения весь вагон мог бы быть опрокинут, если бы наружный рельс закругления не был предусмотрительно уложен выше внутреннего: благодаря этому вагон на повороте слегка наклоняется внутрь. Это звучит довольно странно: вагон, покосившийся набок, устойчивее, чем стоящий прямо!

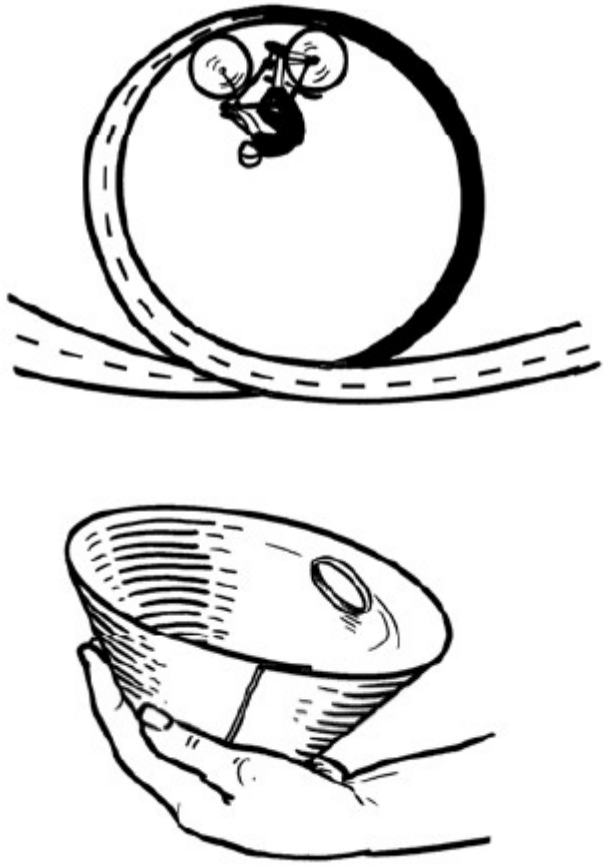


Рис. 26

А между тем это так, и маленький опыт поможет вам уяснить себе, как происходит дело. Сверните картонный лист в виде широкого раструба, еще лучше, – возьмите, если в доме найдется, миску со стенками такой формы. Особенно пригодится для нашей цели конический абажур – стеклянный или жестяной – от электрической лампы. Вооружившись одним из этих предметов, пустите по нему монету, небольшой металлический кружочек или колечко от ключей. Они будут описывать круги по дну посуды, заметно наклоняясь при этом внутрь. По мере того как монета или колечко будут замедлять свое движение, они станут описывать все меньшие круги, приближаясь к центру посуды. Но легким поворотом посуды вы можете заставить монету снова катиться быстрее, и тогда она удаляется от центра, описывая большие круги. Если она разгонится очень сильно, то может и совсем выкатиться из посуды.

Для велосипедных состязаний на так называемом «велодроме» устраиваются особые круговые дорожки; вы можете видеть, что дорожки эти, особенно там, где они круто заворачивают, устроены с заметным уклоном к центру. Велосипед кружится по ним в сильно наклоненном положении, – как монета в вашей чашке, – и не только не опрокидывается, но, напротив, в таком именно положении приобретает особенную устойчивость. В цирках велосипедисты изумляют публику тем, что описывают круги по круто наклоненному настилу; вы понимаете теперь, что в этом нет ничего необычайного. Напротив, трудным искусством для велосипедиста было бы кружиться так по ровной, горизонтальной дорожке.

Где легче всего?

Земной шар, на котором мы живем, вращается, и вследствие вращения Земли все вещи на ее поверхности становятся легче. Чем ближе к экватору, тем больший круг успевают сделать вещи за 24 часа, тем, значит, они быстрее вращаются и оттого больше теряют в весе. Если килограммовую гирю перенести с полюса на экватор и здесь вновь взвесить на пружинных весах, то обнаружится нехватка в весе на 5 г. Разница невелика, конечно, но чем тяжелее вещь, тем нехватка крупнее. Паровоз, приехавший из Архангельска в Одессу, становится здесь легче на 60 кг – вес взрослого человека. А линейный корабль в 20 тыс. тонн, прибывший из Белого моря в Черное, теряет здесь в весе ни мало, ни много – 80 тонн; это вес хорошего паровоза!

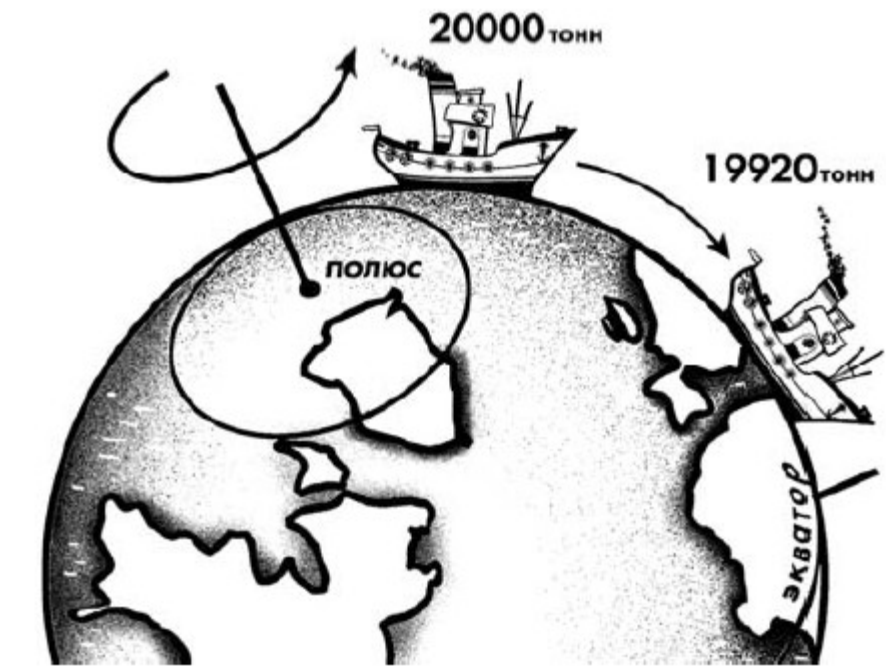


Рис. 27

Отчего так происходит? Оттого, что земной шар, вращаясь, стремится разбросать со своей поверхности все вещи, как зонтик в нашем опыте выкидывает брошенный в него мяч. Земной шар и скинул бы их, но этому мешает то, что он притягивает все вещи к себе. Мы называем это притяжение «тяжестью». Скинуть вещи с

Земли вращение не может, а уменьшить вес их может. Вот почему вещи становятся немного легче вследствие вращения земного шара.

Если бы Земля вращалась быстрее…

Чем быстрее вращение, тем уменьшение веса должно становиться заметнее. Вычислено, что если бы Земля вращалась не так, как теперь, а в 17 раз быстрее, то на экваторе вещи потеряли бы свой вес целиком: они стали бы невесомы. А если бы Земля вращалась еще быстрее, то вещи потеряли бы весь свой вес не только на экваторе, но и в странах и морях, лежащих по обе его стороны.

Рис. 28

Подумайте только, что это значит: вещи потеряли бы свой вес! Ведь это значит, что не будет такой вещи, которой вы не могли бы поднять: паровозы, каменные глыбы, исполинские пушки, целые военные корабли со всеми машинами и орудиями вы поднимали бы – как перышко. А если бы вы их уронили – не опасно: они никого не раздавят. Не раздавят потому, что вовсе и

не упали бы: ведь они ничего не весят! Они парили бы в воздухе там, где вы выпустили их из рук. Если бы, сидя в корзине воздушного шара, вы вздумали ронять свои вещи за борт, – они так и остались бы в воздухе. Удивительный был бы это мир! Прыгать вы могли бы так высоко, как и во сне не прыгали: выше самых высоких сооружений и гор. Но только не забывайте: подпрыгнуть легко, а назад спрыгнуть невозможно. Лишенные веса, вы на землю не упадете, а оттолкнуться в воздухе не от чего.

Будут и другие неудобства в этом мире. Сами сообразите, какие: все вещи – и малые и большие, – если они не прикреплены, будут подниматься от малейшего ветерка и носиться в воздухе. Люди, животные, автомобили, телеги, корабли – все беспорядочно металось бы в воздухе, ломая и калеча друг друга… Вот что произошло бы, если бы Земля вращалась значительно быстрее.

Сжатие земного шара

Вращением Земли объясняется и то, что она, строго говоря, не представляет собой шара, а сплющена по направлению своей оси. Простой опыт уяснит нам, почему Земля приняла такую форму.

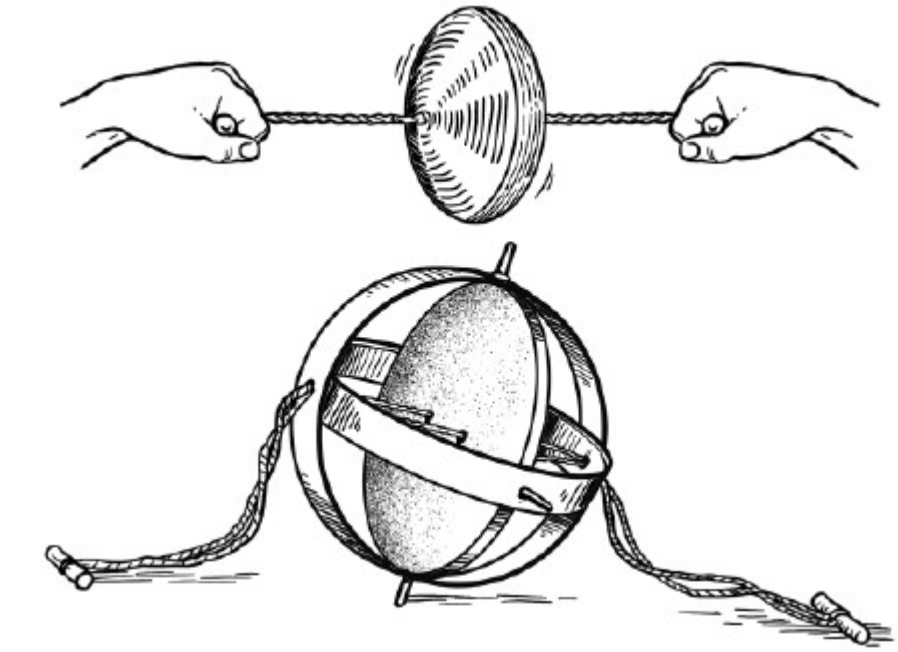


Рис. 29. Почему земной шар раздут у экватора?

Вырежьте кружок из плотного и прочного картона, вершков 5–6 в диаметре, и по обе стороны его центра просверлите по дырочке. Сквозь эти дырочки протяните бечевки. Такой кружок легко привести в быстрое вращательное движение; для этого нужно, слегка натянув бечевки, обернуть кружок несколько раз и затем, когда бечевки закрутятся, отпустить его, сильно натянув бечевки: кружок завертится довольно быстро (рис. 29).

Теперь мы можем устроить маленькое подобие земного шара. Проведите на вашем кружке два диаметра под прямым углом. По концам диаметров воткните в кромку картона по игле. Из плотной бумаги приготовьте два кольца шириной в палец и диаметром чуть побольше вашего кружка. Вставьте кольцо одно в другое накрест и склейте места их соприкосновения. Это – «меридианы» вашего земного шара.

Через отверстия в «полюсах» (местах схождения

«меридианов») пропустите бечевки от кружка; самый же кружок поместите на месте «экватора», проткнув ленты остриями иголок (рис. 29).

Сделав все это, приведите кружок в быстрое вращение, как было описано выше. Вы увидите, что наш маленький «земной шар» заметно сожмется у «полюсов» и раздуется у «экватора». Подобную же форму имеет и настоящий земной шар: вследствие вращения он немного вздут у экватора.

Описанный сейчас опыт удобнее показывать, если смастерить себе упрощенную центробежную машину, вроде той, которая представлена на рис. 30. Катушка, которую вы вертите рукой, должна иметь больший поперечник, чем та, которая вращает кружок; чем разница в диаметрах больше, тем больше оборотов будет делать бумажное кольцо, и тем опыт выходит показательнее.

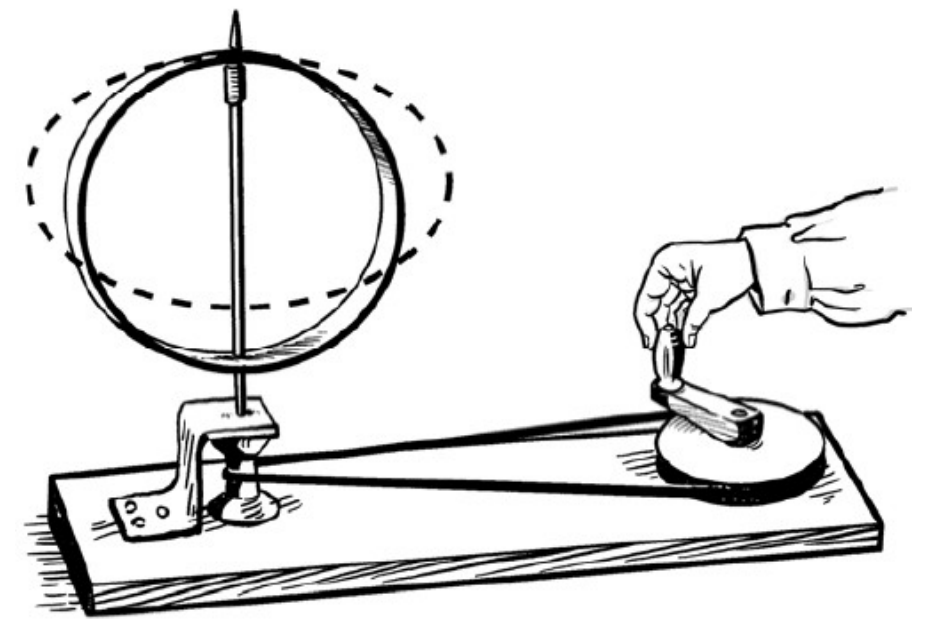


Рис. 30. Самодельная центробежная машина

Десять вертушек

На рис. 31–33 вы видите всевозможные вертушки, изготовленные на различные лады. Они дадут вам возможность проделать ряд забавных и поучительных опытов. Изготовление их не требует особого искусства.

1. Первую вертушку вы можете сделать из катушки, срезав и обработав один ее бок (первая фигурка, рис. 31). Она будет вертеться не только на заостренном, но и на тупом конце своей оси: для этого нужно закрутить ее, как обычно делается, держа ось между пальцами, а потом проворно уронить юлу на тупой конец – она будет на нем вертеться, забавно раскачиваясь в стороны.

Рис. 31

2. Правее этой юлы вы видите на рис. 31 вертушку, сделанную из розетки для электрического выключателя. Это вертушка номер два.

3. Далее вы видите довольно необычайную юлу – грецкий орех, который вертится на остром выступе. Чтобы превратить подходящий орех в юлу, достаточно только загнать в него с притупленного конца спичку, которую потом и закручивать.

4. Своеобразная вертушка изображена на следующем рисунке (рис. 32): круглая коробочка, проткнутая заостренной спичкой или лучинкой. Чтобы коробочка прочно держалась на оси, не скользя вдоль нее, нужно залить отверстие сургучом.

5. Интересную юлу изображает следующая фигурка на рис. 32. К краям картонного кружка привязаны на ниточках круглые пуговицы. Когда юла вертится, пуговицы отбрасываются вдоль радиусов кружка, натягивая нити.

6. То же, на иной манер, показывает еще одна фигурка. В пробочный кружок воткнуты булавки с нанизанными на них

разноцветными бусинками, которые свободно скользят по булавке. При вращении юлы бусинки отгоняются к головкам булавок. Если вращающаяся юла хорошо освещена, то булавочные стержни сливаются в сплошную ленту, которая окаймляется цветным кругом из сливающихся бусин.

Чтобы дольше любоваться этой юлой, нужно пускать ее на гладкой тарелке.

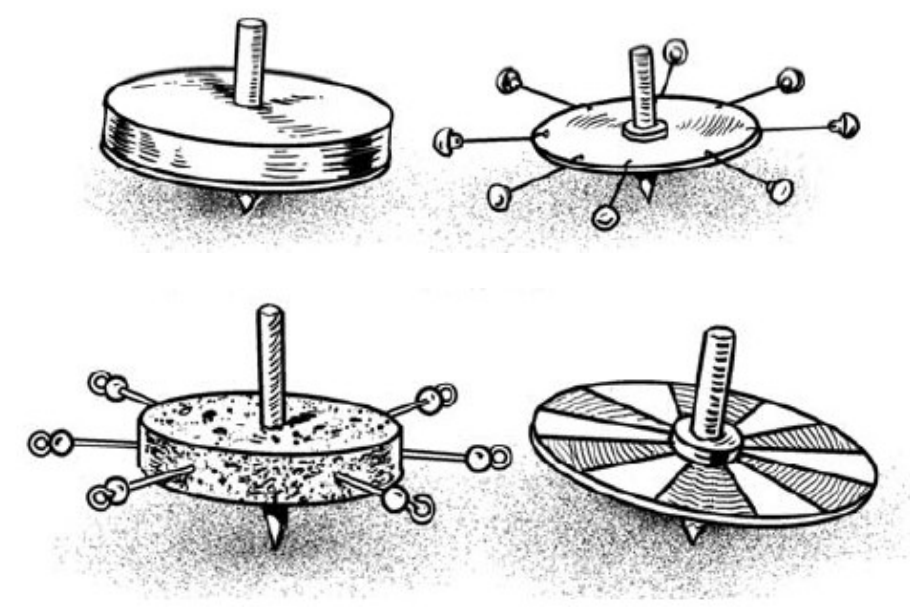


Рис. 32

7. Цветная юла. Изготовить ее более хлопотливо, но она вознаграждает за затраченный труд, обнаруживая удивительные свойства. Выньте донышко из круглой коробочки и проткните его заостренным концом ненужной вставочки, зажав для прочности между двумя пробочными кружочками. Теперь разделите картонный кружок на одинаковые части прямыми линиями, идущими от середины к краям; полученные доли, – математик сказал бы «секторы», – закрасьте попеременно в желтый и синий цвета. Что вы увидите, когда юла завертится? Кружок будет казаться не синим и не желтым, а зеленым. Синий и желтый цвета, сливаясь в нашем глазу, дадут новый цвет – зеленый.

Вы можете продолжить ваши опыты над «смешением цветов». Заготовьте кружок, секторы которого окрашены попеременно в голубой и оранжевый цвета. На этот раз кружок при вращении будет уже не желтый, а светло-серый, тем более светлый, близкий к белому, чем чище ваши краски. В физике такие два цвета,

которые при смешении дают белый, называются «дополнительными». Вертушка показала нам, следовательно, что голубой и оранжевый цвета – дополнительные.

Если у вас имеется хороший набор красок, вы можете попытаться повторить опыт, впервые проделанный двести с лишком лет назад знаменитым ученым Ньютоном, а именно: раскрасьте секторы кружка всеми цветами радуги – в фиолетовый, синий, голубой, зеленый, желтый, оранжевый, красный; при вращении все семь цветов должны слиться в серовато-белый цвет. Этот опыт поможет вам понять, что каждый луч белого солнечного света слагается из многих цветных лучей.

8. Пишущая юла (рис. 33). Устройте юлу, как сейчас было рассказано, но только пусть осью ее будет не заостренный обрезок вставочки, а очиненный мягкий карандаш. Заставьте такую юлу вертеться на картонном листе, положенном немного наклонно. Вращаясь, юла будет постепенно спускаться по наклонному картону, рисуя карандашом завитки. Их легко сосчитать, а так как каждый завиток образуется при одном обороте юлы, то, следя за ее вращением с часами в руках[5], нетрудно будет определить, сколько раз оборачивается юла каждую секунду. Просто глазом этого, конечно, сосчитать невозможно.

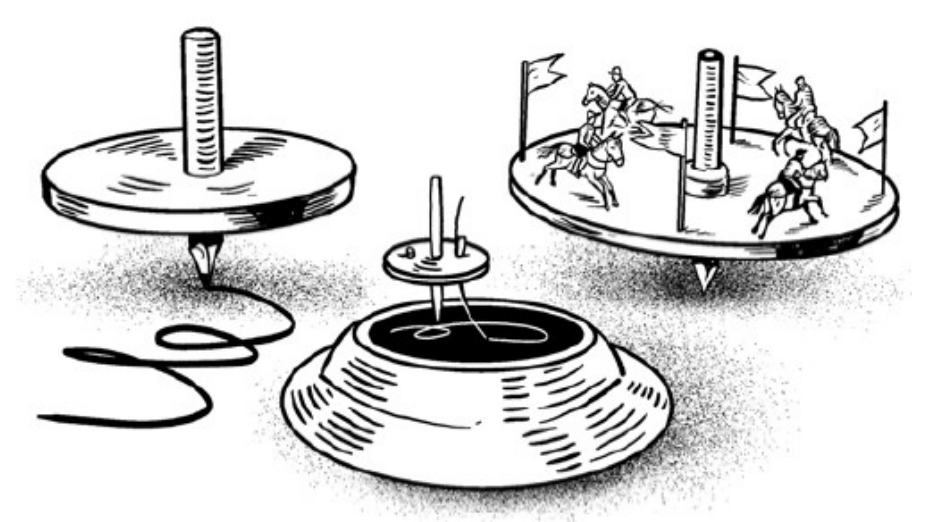


Рис. 33

9. Далее на рис. 33, внизу изображен другой вид пишущей юлы. Чтобы ее изготовить, нужно добыть свинцовый кружок из тех, которые подвешиваются к краям штор, чтобы они натягивались. В центре кружка нужно просверлить острием

ножниц дырочку (свинец мягок и сверлить его легко), а по обе стороны ее еще по дырочке. Через среднюю дырочку кружок надевают на заостренную палочку, а через одну из боковых дырочек продевают отрезок конского волоса или щетинку так, чтобы они высовывались вниз чуть больше оси юлы: в таком положении волос закрепляют обломком спички. Третья дырочка оставляется неиспользованной; мы просверлили ее для того, чтобы свинцовый кружок по обе стороны оси имел совершенно одинаковый вес, – юла, неравномерно нагруженная, не будет плавно вращаться.

Теперь пишущая юла готова, но для опытов с нею нам нужно заготовить закопченную тарелку. Подержав осторожно донышко тарелки над пламенем свечки, пока поверхность не покроется ровным слоем густой копоти, пускаем юлу по этой закопченной поверхности. Юла будет, вращаясь, скользить по ней, а конский волос тем временем начертит, белым по черному, запутанный, но довольно красивый узор.

10. Венцом наших стараний явится последняя вертушка – юла-карусель. Кружок и осевой стержень здесь такие же, как в знакомой уже нам цветной юле. В кружок втыкают булавочки с флажками, располагая их симметрично около оси, и приклеивают крошечные бумажные лошадки с всадниками: карусель для увеселения вашего младшего брата или сестренки готова.

Полет на ракете

Без сомнения, большинство из вас видело, как взлетает зажженная ракета. Но знаете ли вы, почему она летит? Обычно причину ее полета представляют себе ошибочно. Думают, что когда в ракете зажжен порох и из нее вытекает струя горячих газов, ракета этой струей отталкивается от окружающего воздуха, как рыба отталкивается хвостом от воды. Если бы было так, то в пустом пространстве ракета лететь не могла бы. На самом же деле причина движения здесь совсем другая: ракета отталкивается не от наружного воздуха, а подталкивается тем газом, который образуется внутри нее. В этом случае происходит то же самое, что и при выстреле из ружья: пороховые газы выбрасывают пулю в одну сторону и в то же время отталкивают ружье в противоположную («отдача» ружья). Окружающий воздух тут не при чем. Напротив, опыт показывает, что в безвоздушном пространстве, где ракета не испытывает сопротивления воздуха, а газы вытекают из нее свободнее, она летит еще быстрее, чем в атмосфере.

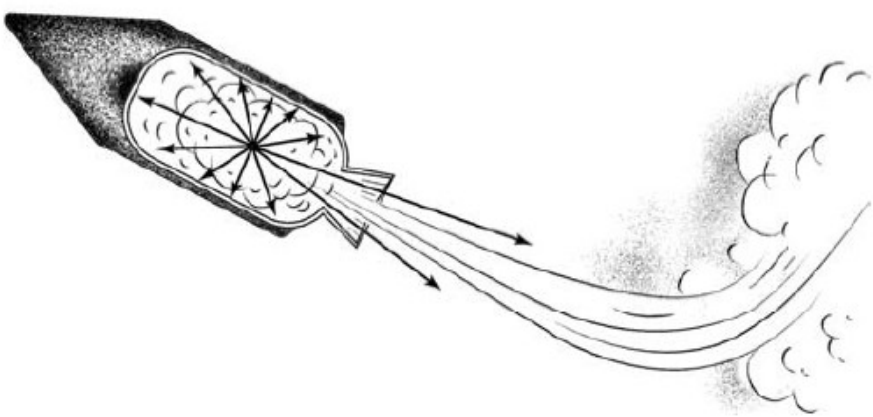


Рис. 34

Но если ракета может ускорять свой полет даже в пустоте, то значит, она может и вовсе вылететь из земной атмосферы и направить бег в то безвоздушное пространство, которое окружает нашу планету! Эту мысль первый высказал советский изобретатель К.Э. Циолковский. Он предложил способ путешествовать через безвоздушное пространство, отделяющее Землю от других небесных тел, способ долететь до Луны, до планет. Вот в чем состоит его мысль.

Представьте себе огромных размеров ракету с каютой для пассажиров, находясь в которой люди могут управлять горением заряда, ускорять, замедлять, даже вовсе прекращать горение. Такая ракета может увеличивать свою скорость с плавной постепенностью, безопасной для ее пассажиров. Тем не менее, как показывает математический расчет, скорость ракеты может быть в течение нескольких минут доведена постепенным взрыванием до 12 км в секунду, т. е. именно до такой скорости, с какой может начаться странствование по вселенной.

С этого момента дальнейшее горение может быть прекращено, потому что при указанной скорости ракета по инерции унесется в мировое пространство. И только для изменения ее пути потребуется снова пустить в дело взрывание. Короче сказать, такая ракета есть самый подходящий корабль для будущих межпланетных путешествий.

Вот по какому пути должна идти мысль изобретателей в поисках возможности летать выше атмосферы, посетить Луну, а со временем и другие планеты. И кто знает, не придется ли вам дожить до той поры, когда все это осуществится на самом деле… (Кто желает подробнее узнать о таких перелетах, тот найдет рассказ о них в моей книге «Ракетой на Луну».)

Глава вторая На воде и под водой

Почему киты живут в море?

Задолго до того, как появился человеческий род, жили на суше животные таких больших размеров, каких нынешние сухопутные животные не достигают. Особенно крупны били ящеры, один из них – диплодок – имел 22 м в длину, другой (брахиозавр) достигал 11 м высоты. Представьте себе такого исполина, бродящего по улицам вашего города: он мог бы просунуть свою голову в окно третьего этажа! По сравнению с ним современный африканский слон высотою 3 $^3/_2$ м или даже жирафа, 5 м высоты, – настоящие карлики!

Зато в океане в наши дни водится животное, рядом с которым древние великаны-животные сами кажутся карликами. Это – кит. На рис. 35 вы видите кита-полосатика рядом со слоном. Кит – исполин по сравнению с ним. Длина полосатика около 30 м. В старые годы показывали публике чучела и скелеты китов за деньги, как редкие диковинки.

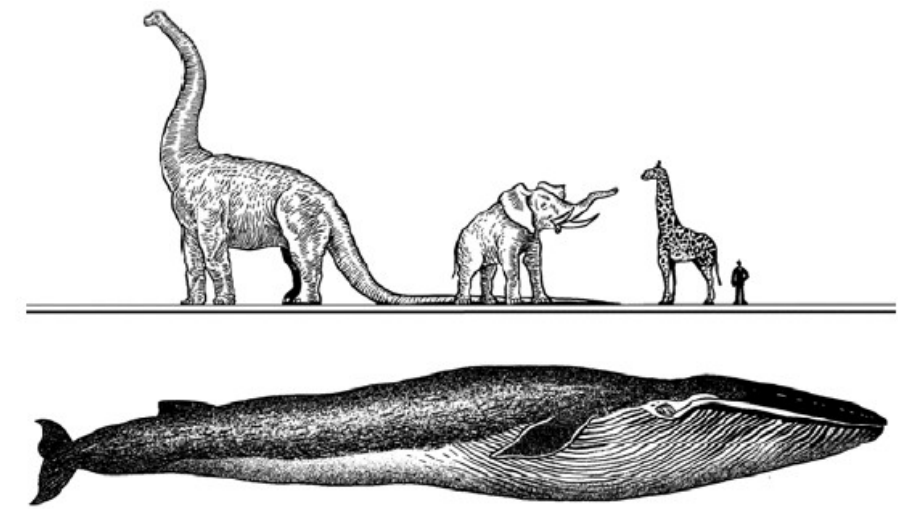


Рис. 35. Кит-полосатик в 30 раз тяжелее слона и гораздо больше любого наземного животного, теперь живущего или давно вымершего

Про чучело одного кита рассказывается в старинном русском журнале («Северная пчела», 1843 г.):

> «Подле Александрийского театра[6] в апреле 1843 г. был построен балаган, в котором было выставлено для обозрения публики чучело кита длиною 29 м. Внутри

чучела помещались 24 музыканта, а в голове была устроена комната, в которой посетители могли покоиться на диване».

Соответственно с размером киты обладают чудовищным весом. Попадаются киты (из так называемых гренландских) весом в 90 и даже в 100 т. Такие киты весят столько, сколько 30 слонов, 40 носорогов или 200 быков.

Хотя и говорят зачастую: «рыба-кит», но это совершенно ошибочно. Кит такое же млекопитающее, как слон или носорог, а вовсе не рыба. То, что у него нет шерсти, нет задних ног, а передние ноги заменены ластами, то, что у него рыбий хвост, – все это доказывает только, что он хорошо приспособился к жизни в воде. Киты дышат легкими (а не жабрами, как рыбы), родят своих детенышей живыми (а не мечут икру, как рыбы), выкармливают их молоком и имеют теплую кровь. Словом, все главные их особенности указывают на то, что киты гораздо больше сродни слону и носорогу, чем акуле или щуке.

Но если кит не рыба, то почему живет он в воде, а не ходит по суше? Потому что на суше он был бы раздавлен собственною своею неимоверною тяжестью. Кости и мускулы кита не могут выдержать веса стотонного чудовища. Другое дело в воде. Плавая в воде, кит, собственно говоря, не весит ничего. Всякая плавающая вещь теряет из своего веса столько, сколько сама весит, оттого она и не тонет. Это надо понимать так, что вода выталкивает плавающую вещь, поддерживает ее и тем как бы уничтожает ее вес. Сколько бы весу ни было вките, животное целиком утрачивает его, когда плавает в воде.

Но горе киту, если он очутится вне воды! А это случается с ним иной раз, например, когда, охотясь за мелкими рыбешками, которыми он питается, великан садится на мель. Наступает отлив, мель обнажается, и кит оказывается целиком на суше. Казалось бы, какая беда: кит не рыба, он дышит легкими – что же сделается ему на суше? А исполин и часу не может прожить в таком положении: он неминуемо погибает! Его губит собственная тяжесть, которой он не ощущал в воде, но которая с полной силой сказалась вне воды. Под напором огромной туши защемляются трубочки (сосуды), по которым течет кровь; дыхательные движения прекращаются, мускулам не под силу расширить такую тяжелую грудь – и величайшее животное мира становится жертвой своего огромного роста и веса. Теперь вы понимаете, почему киты могут жить только в море и почему на суше великаны таких огромных размеров и веса существовать не могут.

Что такое «водоизмещение»?

Часто вы слышите: «корабль в столько-то тонн водоизмещения». Как понимать такое выражение?

«Водоизмещением» корабля называется вес той воды, которую он вытесняет своею погруженною частью. Корабль в 6 тыс. т водоизмещения вытесняет, держась на воде, 6 тыс. т воды.

Почему однако нужно знать, сколько воды вытесняет судно? Потому что зная это, можно судить об объеме корабля и его весе вместе с грузом. По закону плавания, каждая вещь, держащаяся на воде, вытесняет своей погруженной частью столько воды, сколько весит вся эта вещь. Корабль в 6 тыс. т водоизмещения весит (погруженный до «ватерлинии», т. е. до определенной метки на борту) ровно 6 тыс. т. А кроме того раз известно, что подводная часть судна вытесняет 6 тыс. т воды, то легко сообразить, каков объем этой части: 6 тыс. $м^3$ – ведь 1 кубометр воды весит одну тонну[7].

От тонн «водоизмещения» следует отличать так называемые «регистровые» тонны. Регистровая тонна – мера объема, а не веса; это 100 куб. футов, или 2,8 $м^3$. Корабль в 6 тыс. регистровых тонн имеет почти втрое больший объем, чем корабль в 6 тыс. т водоизмещения.

Наподобие подводной лодки

Желая убедиться, свежо ли яйцо, хозяйка испытывает его нередко таким образом: если яйцо тонет в воде – оно свежо, если всплывает – оно негодно для еды. Физик выводит из этого наблюдения то, что свежее яйцо весит больше, чем такой же объем чистой воды. Говорю «чистой» потому, что нечистая вода, например солевая, весит больше.

Можно однако приготовить такой густой раствор соли в воде, что яйцо будет легче вытесняемого им рассола.

Тогда самое свежее яйцо будет в такой воде всплывать. Вы могли бы сыграть коварную шутку с хозяйкой, испугав ее тем, что вся купленная ею партия яиц нехороша: яйца всплывают в воде (разумеется, вы скроете, что вода у вас взята соленая).

Впрочем, опытные хозяйки хорошо знают про это свойство рассола и пользуются им при засолке огурцов. Для малосольных огурцов требуется слабый рассол – и хозяйка приготовляет такой, в котором яйцо тонет. Когда же ей нужен более крепкий рассол, она распускает столько соли в воде, чтобы свежее яйцо в нем всплывало.

Вы легко можете заставить яйцо не тонуть, не всплывать, а словно висеть внутри жидкости. Такое состояние тела в жидкости физики называют «взвешенным». Для этого вам нужно приготовить раствор соли такой крепости, чтобы погруженное в него яйцо вытесняло ровно столько граммов рассола, сколько оно само весит. Получить подобный раствор вам удастся после нескольких проб: если яйцо всплывает, подольете немного чистой воды; если же яйцо тонет, прибавите немного крепкого рассола. При некотором терпении вы наконец приготовите рассол, в котором погруженное яйцо не всплывает, но и не тонет, а остается в том месте под жидкостью, куда вы его поместили.

Для того же опыта можно воспользоваться и картофелиной; она тоже тонет в пресной воде и всплывает в густосоленой; легко поэтому приготовить рассол, в котором картошка не будет ни тонуть, ни всплывать.

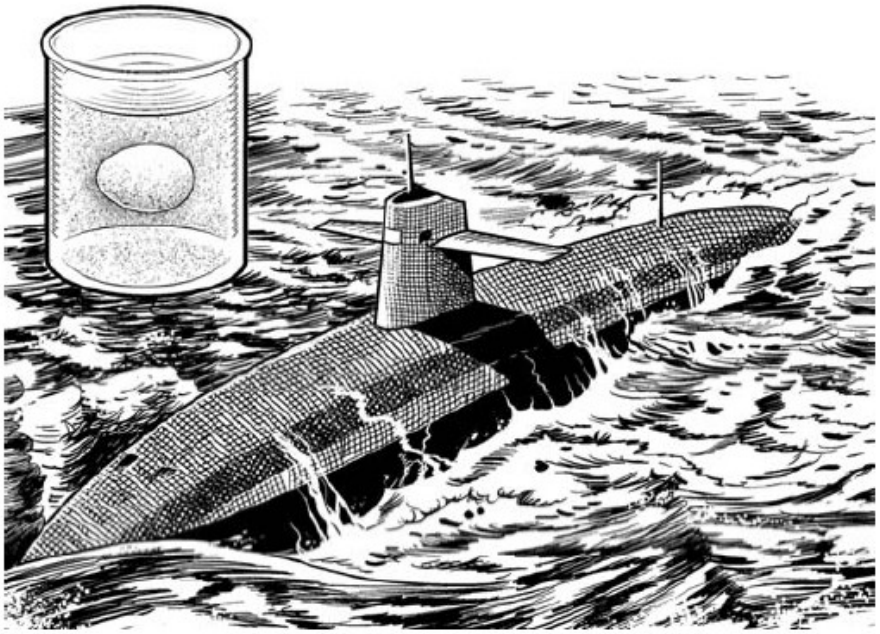


Рис. 36. Подводная лодка держится под водой по той же причине, по какой не тонет и не всплывает яйцо в густом рассоле

В подобном состоянии находятся подводные лодки – длинные сигарообразные суда, могущие двигаться и маневрировать, находясь ниже уровня воды. Сейчас такие суда строятся исключительно для военных целей[8] и достигают, несмотря на свое, скромное название («лодка»), внушительных размеров – 100 и более метров длины.

Подводная лодка не всегда плавает под водой: во время переходов и стоянки суда эти находятся в непогруженном состоянии, как корабли обычного типа, они даже снабжены мачтами, мостиком и прочими частями надводного судна. И только находясь вблизи неприятельского корабля, подводная лодка погружается ниже уровня воды, выставляя над нею конец своего «перископа» (наблюдательной трубы).

Опускаются подводные лодки на глубину и в тех случаях, когда спасаются от артиллерийского обстрела, когда ищут спокойной ночевки и т. п.

Погружают подводную лодку тем, что из-за борта впускают воду в особые «балластные цистерны», т. е. в запасные баки, установленные внутри лодки и остающиеся порожними, когда лодка плывет в надводном положении. При заполнении цистерн вес лодки, бывший до погружения меньше веса равного объема воды, становится одинаковым с весом равного объема воды; по

закону Архимеда, такое тело не должно под водой ни всплывать, ни тонуть.

Ниже 70 м под уровнем воды современные подводные лодки не погружаются, чтобы не пострадать от давления воды: на 70-метровой глубине каждый квадратный метр поверхности судна испытывает со стороны воды давление в 70 т. Впрочем, в Америке недавно сооружены подводные лодки, способные погружаться глубже указанной границы. Это настолько крупные суда, что для них название подводной лодки уже никак не подходит; лучше называть их подводными крейсерами. Такое судно может по три месяца плавать в открытом море, не возобновляя в гаванях своих запасов и покрывая расстояние в 25 тыс. морских миль (45 тыс. км). Имея все преимущества крейсера, новое подводное судно может погружаться на невероятную глубину – 112 м! Без добавочных приспособлений новый подводный корабль способен оставаться под водой трое суток, а при наличии особых аппаратов – даже целый месяц.

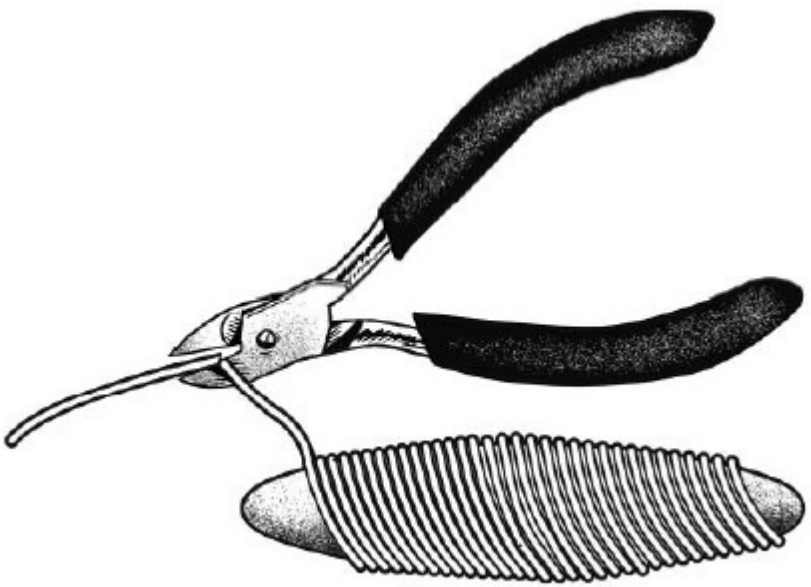


Рис. 37

Возвращаясь к нашим опытам, расскажем, как можно изготовить модель подводной лодки. Надо вырезать из дерева веретенообразное подобие подводной лодки и обмотать его нетолстой медной проволокой. Постепенно сматывая проволоку и отрезая ее по кусочку, можно добиться наконец того, что модель лодки не будет в соленой воде ни тонуть, ни всплывать.

Подобно подводной лодке в воде, держится в воздухе

дирижабль: он вытесняет ровно столько тонн воздуха, сколько весит его оболочка с наполняющим его легким газом, гондолой и прочим снаряжением.

Плавание в тяжелой жидкости

Кто знает закон плавания и помнит удельные веса разных материалов, тот может предвидеть, какие материалы будут в воде плавать и какие тонуть. Если удельный вес материала больше удельного веса воды, материал тонет; если меньше – плавает. Не думайте, что материал, тонущий в воде, потонет и во всякой другой жидкости; в более тяжелой жидкости он может и не тонуть. Возьмем, например, ртуть – металлическую жидкость, которая тяжелее воды почти в 14 раз. Бросьте в нее кусок железа – он не потонет, а будет плавать. Это и понятно: железо имеет удельный вес 8, ртуть – 14. Медь, цинк, олово, даже серебро и свинец в ртути плавают; только золото, платина и некоторые другие металлы из числа самых тяжелых в ртути не плавают. Кусок дерева в ртути конечно тоже плавает, погружаясь при этом так мало, что кажется, будто он лежит на ртути, как на льду.

Если вспомним, что еловая древесина чуть не в тридцать раз легче ртути, то поймем, что кусок такого дерева, плавая в ртути, должен погружать под ее уровень всего лишь 30-ю долю своего объема. Примерно так же мелко плавало бы в ртутном озере и человеческое тело; восковая кукла, изображенная на рис. 38, наглядно показывает различие между плаванием человеческого тела в воде и в ртути. В воде, как мы знаем, кукла едва выступает над уровнем жидкости; в ртути та же кукла, напротив, почти целиком находится вне жидкости, погружаясь в нее чуть заметно для глаза.

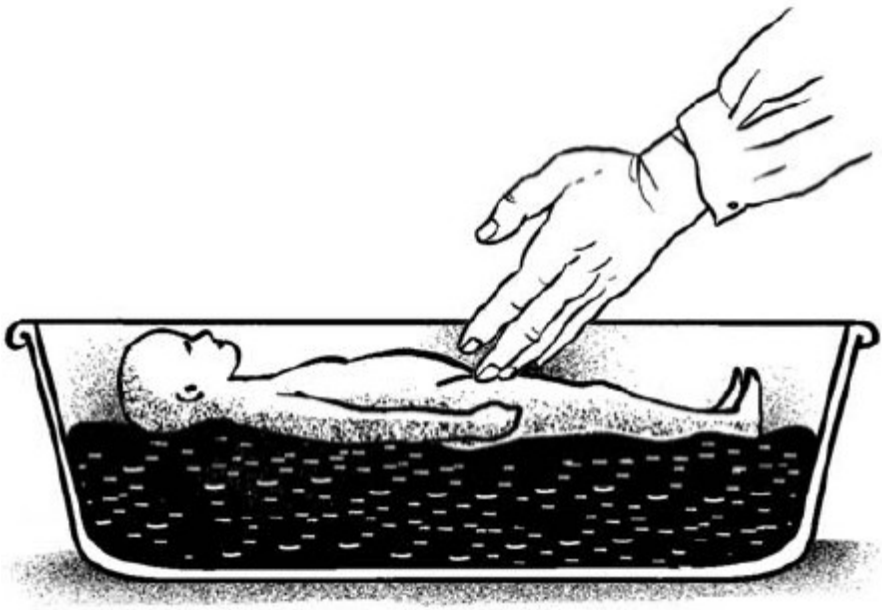


Рис. 38. Выталкивающее действие жидкости: восковая кукла, плавающая в ртути

Задача о пробке

Вот простой вопрос, над которым однако полезно подумать.

В бутылку с водою попал кусочек пробки. Он свободно мог бы пройти через ее горлышко. Но при наклонении и опрокидывании бутылки выливающаяся вода почему-то не выносит этого кусочка пробки; он покидает бутылку только с последней порцией воды.

Почему?

Вода не выносит с собой пробки по очень простой причине: пробка легче воды и потому всегда держится на ее поверхности; очутиться внизу, у отверстия бутылки, пробка сможет только тогда, когда вся вода выльется. Оттого-то пробка и выскальзывает из бутылки лишь с последней порцией воды.

Рис. 39

Весы под водой

Килограммовую гирю можно изготовить и из железа, и из алюминия. Но так как алюминий примерно втрое легче железа, то при одинаковом весе гиря алюминиевая будет по объему втрое больше железной. Поставим на одну чашку весов железный килограмм, на другую – алюминиевый; весы, конечно, будут в равновесии. Теперь вообразите, что наши весы с гирями очутились под водою. Сохранится ли равновесие? Если нет, то которая чашка перетянет?

Чтобы ответить на этот вопрос, нужно вспомнить, что каждая вещь теряет в жидкости столько веса, сколько весит вытесняемая вещью жидкость.

В нашем случае чашки весов сами по себе теряют под водою одинаковый вес (они одной величины). Но гири теряют в весе не одинаково: крупная алюминиевая вытесняет больше воды, нежели мелкая железная; поэтому алюминиевая теряет в весе больше железной; останется же веса в алюминиевой гире меньше, чем в железной.

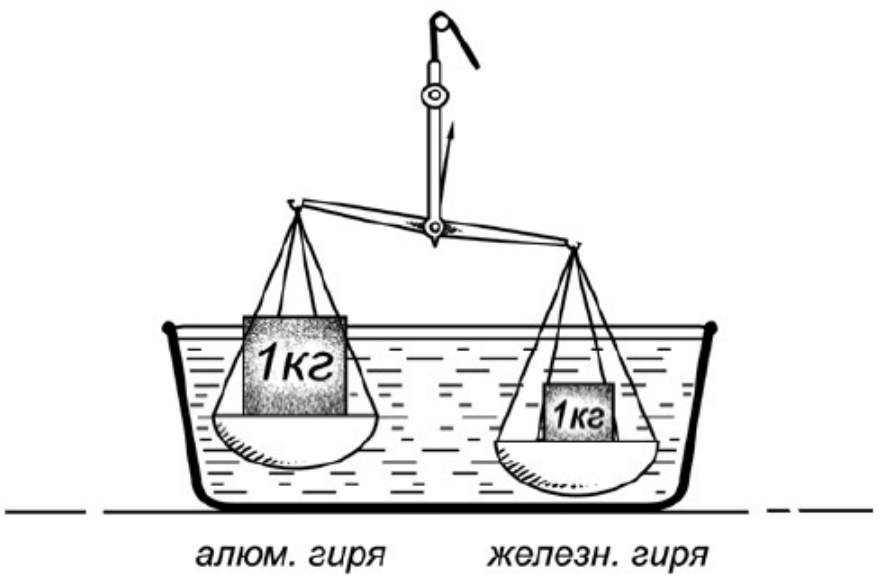


Рис. 40. Задача о весах под водою (ответ)

Значит, под водой весы никак не сохранят равновесия: чашка с железной гирей перетянет.

Чтобы не утонуть

Люди, упавшие в воду, если не умеют плавать, часто делают роковую ошибку: они поднимают руки из воды – и тем губят себя. Всякое тело под водой легче, чем вне воды; следовательно, держа руки над водой, утопающий увеличивает вес своего тела, и тогда голова увлекается отяжелевшим туловищем под воду.

Вы можете устроить несложный прибор, чтобы наглядно показать, как должен и как не должен держаться утопающий. Насыпьте немного дроби на дно пробирки; кроме того вдвиньте в пробирку пробочку, как показано на рис. 41, и насыпьте немного дроби в верхнюю часть пробирки. Закрыв пробирку пробкой, приделайте к выступающей ее части две деревянные палочки, которые будут играть роль рук, между тем как вся пробирка представляет подобие тела утопающего.

Рис. 41. Утопающий не должен выставлять рук над водой

Добейтесь того, чтобы наружная пробка лишь немного поднималась над водою, когда «руки» погружены под воду; для этого придется, быть может, намотать на «руки» несколько витков медной проволоки. В таком положении наш приборчик изображает утопающего, держащего руки под водою; «голова» его возвышается над водою. Но вот утопающий поднимает «руки» из воды (палочки поворачиваются вверх), и «голова» погружается в воду – утопающий захлебывается.

Волны и качка

Волны на море, бросающие корабль, то вздымающие его высоко на гребень, то погружающие в глубокую водяную долину, кажутся нам огромной высоты – выше многоэтажного дома. Однако это заблуждение: волны вовсе не так высоки, как кажется пассажиру корабля. Самые высокие волны, какие когда-либо наблюдались, не превышают 16 м. Это единичные исключения, которыми может похвастать только безбрежный океан Южного полушария. В океанах Северного полушария, стесненных материками, предельная высота волн – 13,5 м. Но это, повторяю, исключения, а не правило. В Бискайском заливе, который славится своими бурями, не бывает волн выше 8 м; в Средиземном море наибольшая высота волн – 4,5 м, а на Балтийском – всего лишь 2–3 м.

Почему же волны представляются пассажиру корабля гораздо более высокими? Причина станет вам ясна, если вы взглянете на рис. 42. Вы поймете, в чем ошибка пассажира: он принимает – невольно, конечно – наклоненную палубу корабля за горизонтальную и от этого будто бы горизонтального уровня считает высоту волны. Неудивительно, что результат такой оценки высоты получается преувеличенный.

Рис. 42. Почему морские волны с палубы кажутся большей высоты, чем на самом деле?

Какой корабль сильнее качает на волнах – малый или большой? Конечно, малый. Длина волн, т. е. расстояние между двумя соседними гребнями, достигает в Атлантическом океане нередко 100–140 м. Небольшое судно целиком помещается на гребне или на дне такой исполинской волны: его то возносит вверх, то бросает вниз на полную высоту волны. Иное дело корабль-гигант длиною в 200 и более метров. При быстром ходе он всегда занимает корпусом две волны, т. е. не бывает только на гребне или только в долине; оттого и качка (килевая, продольная)

для него заметно ослабляется.

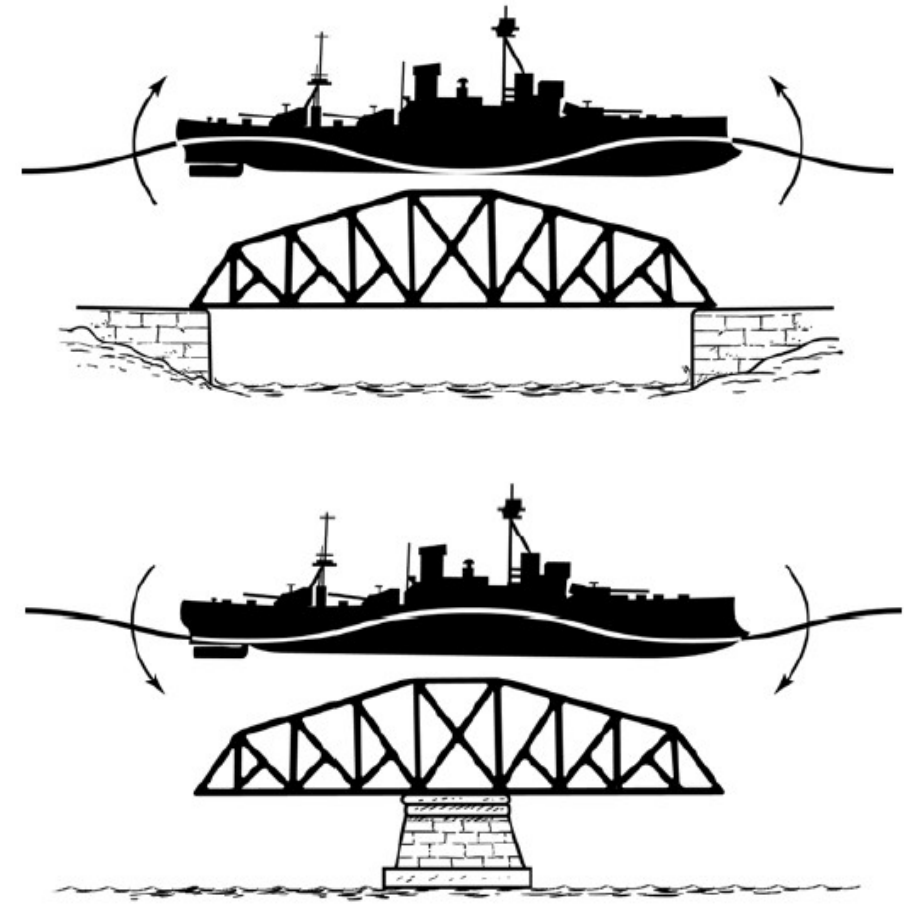


Рис. 43–44. Пароход на волнах. В обоих положениях судну угрожает поломка посередине. Почему?

Но ошибочно было бы думать, что большому кораблю качка менее вредна, чем малому. Как раз наоборот! Малое судно целиком подкидывается; ему не грозит опасность разломиться пополам; большой же пароход во время волнения подвержен такой угрозе.

Происходит это вот почему. Когда большой пароход скользит по волнующемуся морю, он то зарывает в воду нос и корму, то, напротив, освобождает их от воды, погружая в волну середину своего корпуса. Какие же силы действуют на судно в том и в другом случае? Когда концы корпуса в воде, а середина вне воды, то вес носа и кормы облегчается выталкивающим действием воды, середина же сохраняет свой вес почти полностью. Корпус корабля подвергается при этом таким же усилиям, как и мостовая

ферма, подпертая на концах; вес стремится прогнуть середину сооружения вниз. В обратном случае, когда корма и нос почти вне воды, середина же корпуса в воде, перевешивают концы парохода, – их вес не уменьшается поддерживающим давлением воды. Это то же самое, что подпереть мостовую ферму в середине. Ясно, что концы сооружения, не подпертые снизу, будут стремиться изогнуть его середину вверх.

Задача строителя крупного океанского парохода сильно затрудняется этими изгибающими силами морского волнения, стремящимися сломать судно. При чудовищном весе современных океанских пароходов опасность поломки для них вполне реальна и должна тщательно учитываться кораблестроителем.

Немного старины

Вы видели, как много явлений объясняется законом плавания. Но как объясняется самый закон? Вот ясное и простое объяснение, принадлежащее одному из первых физиков, французскому ученому XVII века Паскалю:

> «Вода, – писал он, – давит вверх на тела, к которым прикасается снизу; давит вниз на те, которых касается сверху; давит в бока на те, которых касается с боков. Отсюда легко заключить, что, когда тело погружено в воду, она, касаясь его и сверху, и снизу, и с боков, давит на него сверху, снизу и с боков. И так как высота воды есть мера силы ее давления, то легко видеть, какое из этих действий должно превозмочь. Ясно, во-первых, что вода, имея с боков тела равную высоту над его сторонами, давит на них одинаково; оттого тело не стремится двигаться ни в ту, ни в другую сторону, как флюгер между двумя одинаковыми ветрами. Но над нижнею стороною тела вода имеет больше высоты, чем над верхнею: ясно, что она должна гнать тело снизу вверх. И так как разность высот воды есть высота самого тела, то легко понять, что вода гонит тело снизу вверх с силою, равной весу одинакового с телом объема воды.
>
> «Погруженное в жидкость тело вследствие его давления поддерживается так, как если бы оно было привешено к чашке весов, другая чашка которых нагружена объемом жидкости, равным объему тела. Отсюда следует, что если тело из меди или иного материала, более тяжелого, чем вода в том же объеме, то оно падает в воде, ибо вес его превозмогает тот, который стремится его уравновесить. Если тело из дерева или другого материала, более легкого, чем вода в том же объеме, то оно поднимается в воде с такою силою, на какую вес воды превышает его вес. Если оно весит столько же, сколько вода, то не опускается и не поднимается; так воск остается в воде приблизительно там, где его поместят. Отсюда же следует, что бадью колодца легко вытягивать, пока она в воде, но вес ее тотчас дает себя чувствовать, когда она начинает выходить из воды.

Рис. 45. Блез Паскаль, физик XVII века

«Если человек погружен в воду, вода давит на него и сверху и снизу, но он весит больше, чем вода, и потому опускается, хотя не так скоро, как падает в воздухе: в воде ему служит противовесом вес равного объема воды, почти одинаковый с весом его тела. Если бы вес этот был совсем одинаков, то человек плавал бы. Ударяя о воду или делая некоторые усилия против воды, он поднимается и плавает. По той же причине человек, погруженный в ванну, без труда поднимает руку, пока она в воде, но, выйдя из воды, чувствует, что она много весит, ибо нет более противовеса от равного ей объема воды, как было, пока она была погружена.

«Выпуклая свинцовая чашка плавает на воде потому, что занимает много места в воде вследствие своей формы; но если бы это был сплошной кусок, он занимал бы в воде только место, равное объему своего вещества, а вес такого объема воды не мог бы его уравновесить».

Пловучая игла

Можно ли заставить иголку плавать на воде, как соломинку?

Казалось бы, невозможно: сплошной кусочек железа, хотя бы и маленький, должен в воде непременно потонуть.

Так думают многие, и если вы находитесь в их числе, то следующий опыт заставит вас переменить свое мнение.

Возьмите не слишком толстую швейную иголку, обмажьте ее слегка маслом или жиром и положите аккуратно на поверхность воды в блюдце или стакане. К вашему изумлению, игла не пойдет ко дну. Она будет держаться на поверхности, наглядно опровергая всеобщую уверенность в том, что игла не может плавать на воде.

Почему же она не тонет? Ведь сталь тяжелее воды! Безусловно, она в 8 раз тяжелее, и, очутись игла под водою, она не всплыла бы сама собою, как всплывает спичка. Но наша игла под воду не погружается. Чтобы найти причину, поддерживающую ее на воде, рассмотрите внимательно поверхность воды возле нашей плавающей иглы. Вы увидите, что близ нее вода образует вогнутость, небольшую долину, на дне которой и лежит игла.

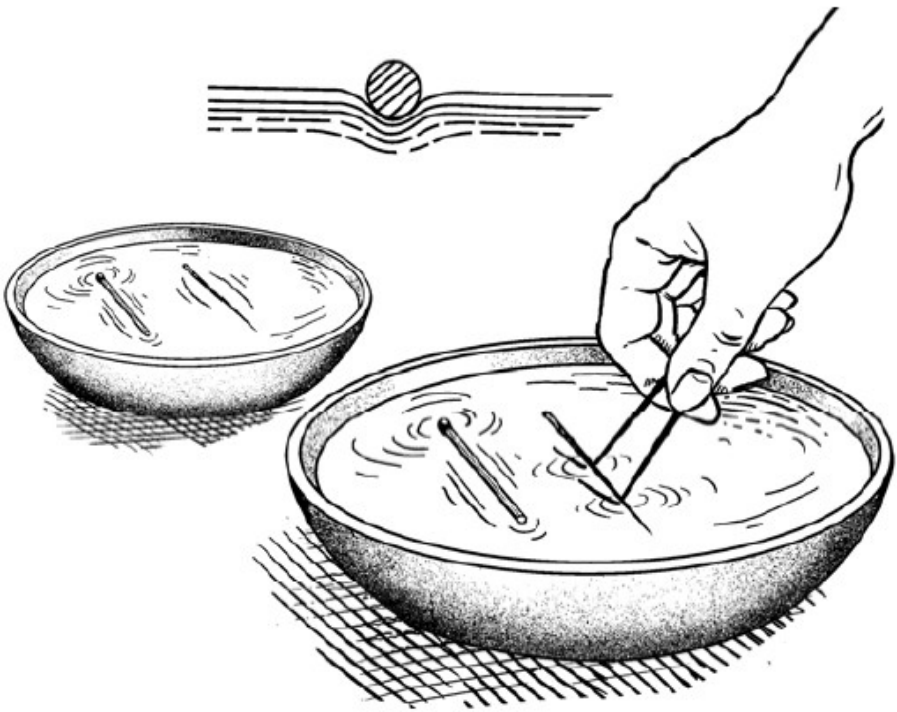


Рис. 46. Опыты с плаванием иглы на воде

Изгибается водная поверхность в этом случае потому, что игла, покрытая тонким слоем жира, не смачивается водой. Вы заметили, вероятно, что когда у вас руки жирные, то вода, налитая на них, оставляет кожу сухой, вовсе не смачивает ее поверхности. Перья гуся и всех вообще плавающих птиц всегда покрыты жиром, выделяемым особой железой; поэтому-то вода и не пристает к ним («что с гуся вода»). Вот почему без мыла, которое растворяет слой жира и удаляет его с кожи, нельзя вымыть жирных рук даже и горячей водой. Жирная иголка тоже не смачивается водой и потому оказывается на дне водяной лощинки, поддерживаемая водяной пленкой, которая стремится расправиться. Это-то стремление воды расправить свою вдавленную иглою поверхность выталкивает иглу из воды, не давая ей затонуть.

Так как руки наши всегда немного жирны, то и без намеренного обмазывания жиром игла в наших руках уже покрыта тонким слоем его. Можно поэтому заставить плавать иглу, не покрывая ее нарочно жиром. Надо сделать так: положить иглу на лоскуток папиросной бумаги, а затем, постепенно сгибая вниз края листочка другой иглой, погрузить всю бумажку под воду. Лоскуток упадет на дно, а игла останется на поверхности.

При некоторой ловкости можно обойтись и без бумажки: положите иглу на согнутую шпильку для волос, как показано на рис. 46 внизу, или на две нитяные петли и осторожно опустите иглу на поверхность воды. Иные изловчаются даже и прямо класть иглу на воду пальцами.

Рис. 47. Насекомое водомерка

В летние дни вам случалось, вероятно, видеть на пруде насекомых, шагающих по поверхности воды:

Какие-то комарики,
Проворные и тощие,
Вприпрыжку, словно по суху,
Гуляют на воде.

Некрасов

Это водомерки – насекомые из семейства клопов (рис. 47). Теперь, видя, как проворно бегают они по поверхности воды, вы не станете в тупик. Вы сообразите, что лапки их благодаря особому устройству кожицы не смачиваются водой и оттого образуют под собою вдавленности; стремясь расправиться, вдавленности эти подталкивают легкое насекомое снизу. Поймайте водомерку и заставьте ее бегать по поверхности воды в прозрачной банке; заглядывая снизу, вы ясно увидите вдавленности под лапками насекомого.

Поверхностная пленка

Опыты, о которых мы сейчас рассказали, научили нас тому, что жидкость словно одета тонкой упругой пленкой, которою она поддерживает на воде и стальную иглу, и бегающую водомерку. Попытаемся понять теперь, что же это за пленка.

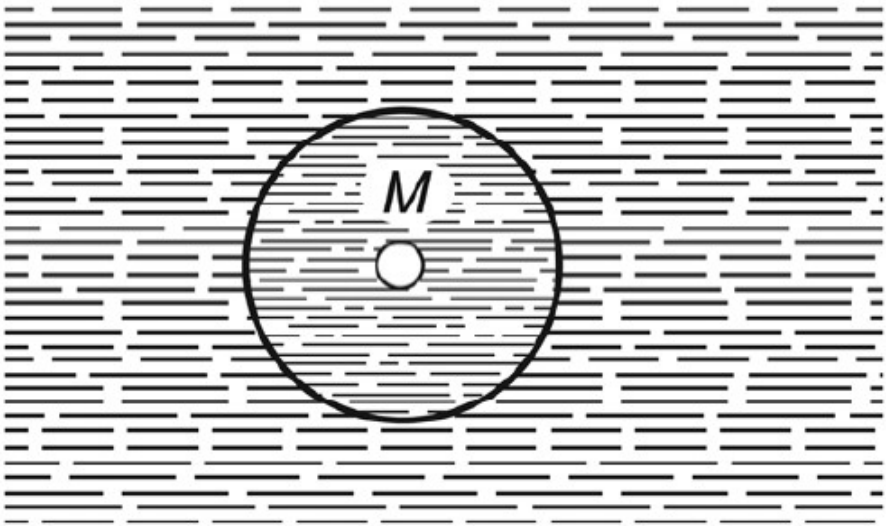


Рис. 48. Частица жидкости подвержена действию окружающих частиц

Все вещи, какие только существуют в природе, состоят из мельчайших, неразличимых даже в микроскоп, частичек, которые называются молекулами. Частички эти притягивают одна другую; в твердых телах взаимное притяжение молекул настолько сильно, что тело не рассыпается и даже противится нарушению его целости; оттого твердые тела прочны. Молекулы жидкостей тоже притягивают одна другую, хотя и не так сильно. Вообразим внутри жидкости одну какую-нибудь молекулу. Ее притягивают другие молекулы, окружающие ее, однако те только, которые находятся в близком соседстве; притяжение более далеких молекул слишком ничтожно. Очертим вокруг нашей молекулы *M* (см. рис. 48) шар, включающий все те соседние молекулы, которые на нее действуют. Сдвинется ли их притяжением молекула *M* с места? Нет, потому что молекулы шара влекут ее во все стороны с одинаковой силой.

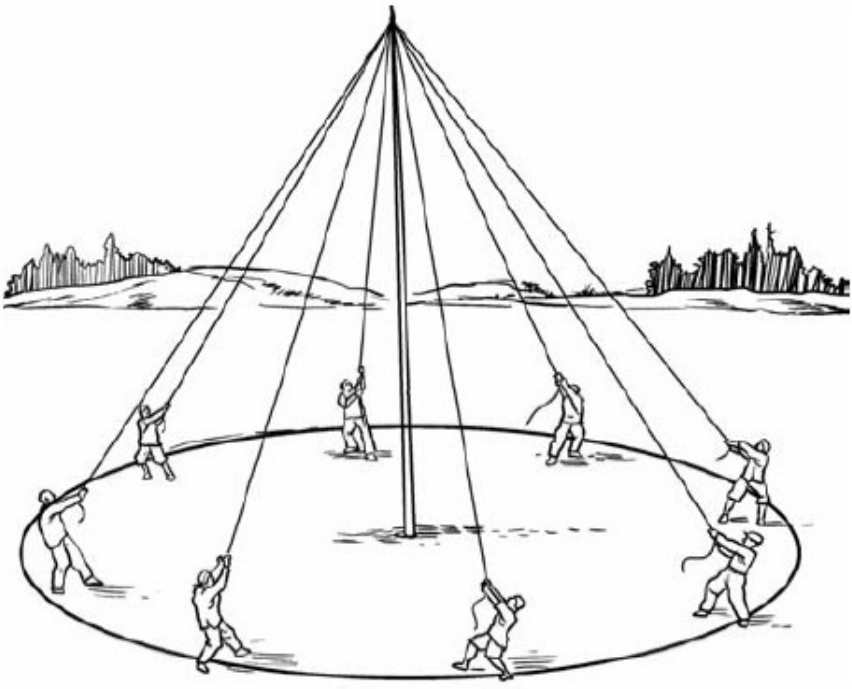


Рис. 49. Шест не прогибается никуда: его тянут во все стороны с одинаковой силой

Чтобы лучше понять это, представьте себе, что люди, выстроившись в круг, тянут с одинаковою силою за веревки, привязанные к верхушке шеста. Если люди расставлены по кругу на равных расстояниях и тянут одинаково, то шест никуда не подастся: тяга каждого человека уравновешивается тягой другого, стоящего на противоположной точке круга (рис. 49).

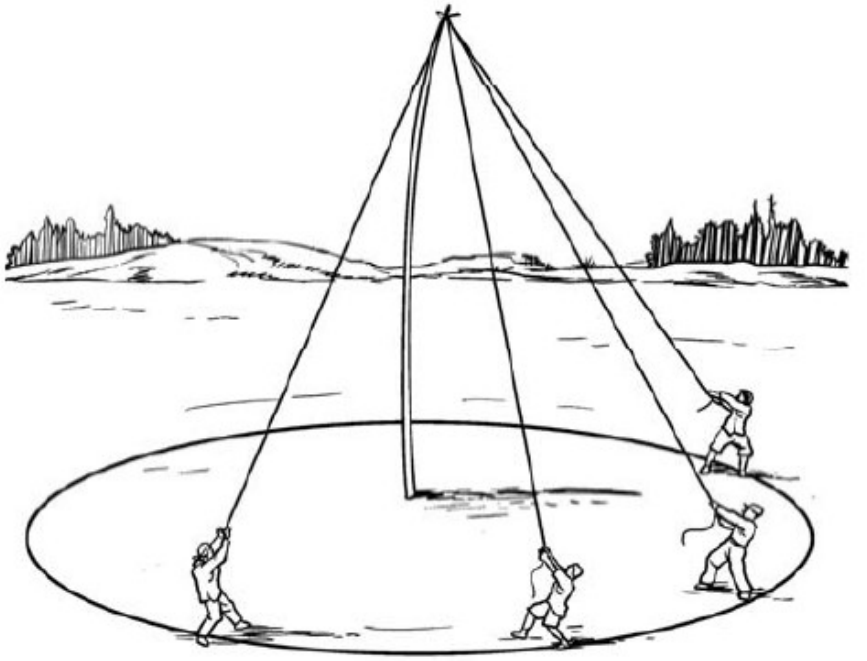


Рис. 50. Шест под действием односторонней тяги прогибается внутрь полукруга с людьми

Вообразите теперь, что на одной стороне круга людей нет, остальные же тянут по-прежнему. Куда подастся шест? Конечно, внутрь полукруга. То же самое произойдет с нашей молекулой М, если она очутится близко к поверхности жидкости (рис. 51 и 52): внутрь жидкости ее будет тогда тянуть большее число молекул, чем наружу. Значит, все молекулы, расположенные вблизи поверхности жидкости, образуют особый слой, который, словно растянутая резиновая пленка, стягивает облекаемую им жидкость. Как резиновая растянутая пленка всегда стремится распрямиться, так и поверхностный слой всякой жидкости стремится расправиться; оттого он и выталкивает плавающую иголку или бегающую водомерку.

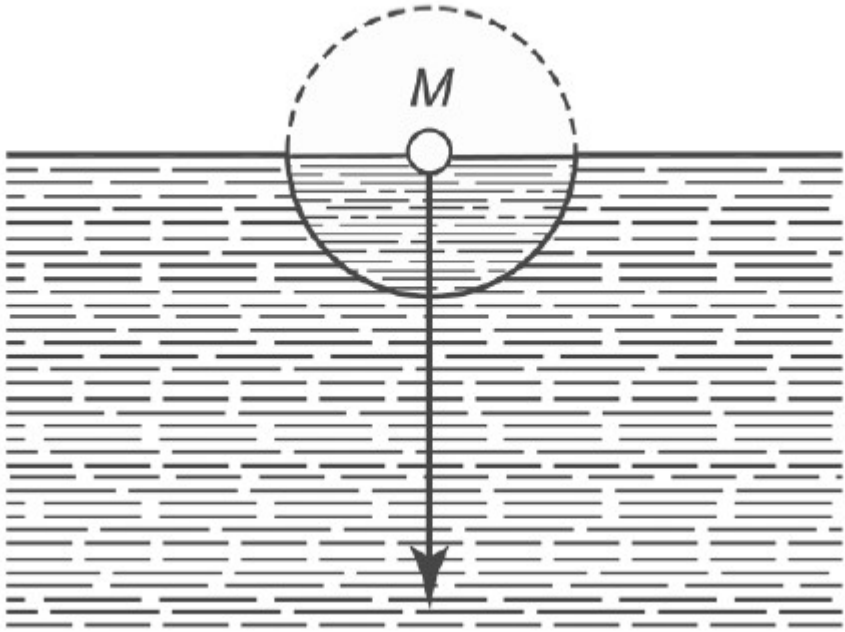


Рис. 51. Частица жидкости на поверхности

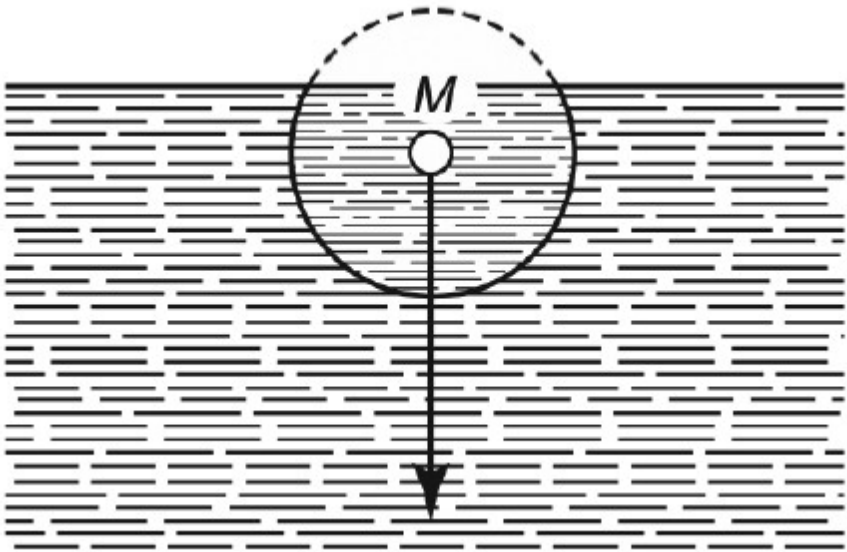


Рис. 52. Частица жидкости неглубоко под поверхностью

Человек-сверхлилипут

В обиходной жизни мы не замечаем существования упругой пленки, одевающей каждую жидкость. Но если бы мы были значительно меньше ростом, если бы сила наших мускулов была не столь велика, мы на каждом шагу сталкивались бы со свойствами этой пленки. Подобно тому, как бегает по воде насекомое водомерка, так и мы, уменьшенные до размеров мелкого жучка, могли бы шагать по поверхности жидкости.

Рис. 53. Крошечный человечек мог бы ходить по воде

Знаменитый физик и изобретатель Циолковский в одной из своих популярных статей так описывает ощущения человека, уменьшенного в тысячу раз.

«Для нас капельки жидкости – мелочь; для крошечных существ эти капельки – огромные шары. Ртутный шарик для уменьшенного человека покажется упругим мячиком, иной раз даже крупнее его самого. Такие жидкие мячики катаются, отталкиваются рукой, подпрыгивают, отскакивают. Если же шар водяной или масляный, то он прилипает к руке или другому члену, втягивает его, увлекает внутрь, засасывая и обволакивая все тело. Если бы не сила мускулов, то всякое маленькое существо было бы, втянуто и окружено смачивающей его жидкостью. Сухопутное животное погибло бы. Мы видим это в

мире насекомых, погибающих от прилипания к воде, к маслу, к варенью и т. п. из-за слабости их ног. Вот почему большинство насекомых покрыто веществом, плохо смачивающимся водою: это спасает их от воды (но не спасает от масла, спирта и других жидкостей).

«Смазанное жиром тело крошечного человека отталкивается от воды и от водяного шара, как от ртутного. Поверхность воды кажется тогда непроницаемой и упругой, как натянутый холст или слой резины. Рука выталкивается из жидкости, образуя в ней большую яму; объем такой ямы во много раз превышает объем погруженной части тела, особенно если это погружение неглубоко. Человечек может даже прыгнуть в воду и не тонуть, оставаясь сухим. Он может нежиться на поверхности воды, как на пуховике, и спокойно спать, лишь бы оставался на коже слой жира, предохраняющий от смачивания. При еще меньших размерах он может ходить по воде, как по упругой, сильно натянутой толстой резине, даже как по твердому телу, покрытому мягким ковром».

Так сильно изменились бы привычные нам свойства жидких тел, если бы мы уменьшились до размеров 1–2 мм.

Глава третья На дне воздушного океана

Сколько весит воздух в комнате?

Можете ли вы хоть приблизительно сказать, какой груз представляет воздух, вмещаемый вашей комнатой? Несколько граммов или несколько килограммов? В силах ли вы поднять такой груз одним пальцем или же едва удержали бы его на плечах?

Теперь, пожалуй, не найдется уже людей, которые думают, как полагали древние, что воздух вовсе ничего не весит. Но сказать, сколько весит определенный объем воздуха, многие и сейчас не смогут.

Запомните же, что литровая кружка воздуха той плотности, какую он имеет близ земной поверхности при обычной комнатной температуре, весит около 1.2 г. Так как в кубическом метре содержится 1 тыс. л, то кубометр воздуха весит в тысячу раз больше, чем 1.2 г, а именно 1,2 кг. Теперь нетрудно уже ответить на поставленный раньше вопрос. Для этого нужно лишь узнать, сколько кубических метров в вашей комнате, и тогда определится вес содержащегося в ней воздуха.

Пусть комната имеет площадь в 10 $м^2$, а высоту – 4 м. В такой комнате 40 кубометров воздуха, который весит, значит, сорок раз по 1,2 кг. Это составит 48 кг.

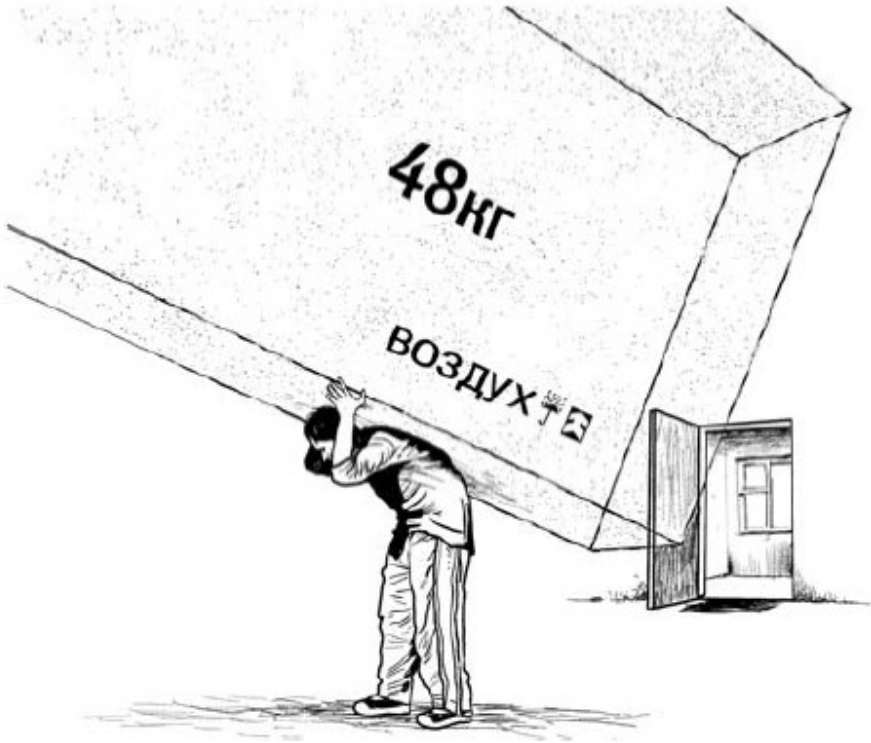


Рис. 54

Итак, даже в столь небольшой комнате воздух весит немногим меньше, чем вы сами. Унести на плечах подобный груз вам удалось бы не без труда. А воздух вдвое более просторной комнаты, нагруженный на вашу спину, мог бы вас раздавить.

Сколько воздуха вы вдыхаете?

Интересно подсчитать также, сколько весит тот воздух, который мы вдыхаем и выдыхаем в течение одних суток. При каждом вдохе человек вводит в свои легкие около полулитра воздуха. Делаем же мы в минуту, средним числом, 18 вдыханий. Значит, за одну минуту в нашем теле успевает побывать 18 полулитров, или 9 целых литров воздуха. Это составляет в час 9 × 60, т. е. 540 л. Округляем до 500 л, или до половины кубического метра, и узнаем, что за сутки человек вдыхает не менее 12 кубометров воздуха. Такой объем весит 14 кг.

Вы видите, что за одни сутки человек проводит через свое тело гораздо больше воздуха, чем пищи: никто не съедает и 3 кг в сутки, вдыхаем же мы воздуха 14 кг. Впрочем, если принять в расчет, что вдыхаемый воздух состоит на четыре пятых из бесполезного для дыхания азота[9], то окажется, что тело наше потребляет кислорода всего около 8 кг, т. е. примерно столько же по весу, сколько и пищи (твердой и жидкой).

Как впервые была обнаружена весомость воздуха?

Наполните бутылку водой, приложите к ее отверстию плотно пальцы, переверните ее, погрузите горлышко под воду в чашке и отнимите пальцы от отверстия. Казалось бы, вода из бутылки может свободно вылиться – отверстие открыто. Однако она не выливается. Даже если бы для этого опыта, вы взяли гораздо большую бутыль, вода выливаться из нее не будет.

Таков простейший опыт, доказывающий, что воздух имеет вес, потому что водяной столб в бутылке поддерживается не чем иным, как давлением окружающего воздуха на воду: атмосферное давление вгоняет воду в бутылку.

Рис. 55. Как проще всего удостовериться, что воздух имеет

вес

Как ни просто это объяснение, оно долго ускользало от исследователей, и только лет 300 назад было постигнуто итальянским ученым Торичелли, даровитым учеником и последователем Галилея. Торичелли желал измерить величину атмосферного давления и рассуждал так: атмосфера не простирается беспредельно, вес ее ограничен; следовательно, должен иметь границы и тот водяной столб, который ее уравновешивает. Если бы можно было сделать опыт с очень высокой бутылкой, то вода не заполнила бы ее всю: высота водяного столба в такой бутылке послужила бы мерой давления атмосферы. Однако можно добиться того же самого и другим путем, не употребляя огромных сосудов: нужно только вместо воды взять более тяжелую жидкость.

Рис. 56. Паскаль более трехсот лет назад устроил винный барометр высотою 10 $^1/_2$ метров

Торичелли сделал опыт с ртутью, которая тяжелее воды в 13 $^1/_2$ раз. Соответственно своему большему весу ртутный столб,

уравновешивающий воздушное давление, должен быть в 13 $^1/_2$ раз ниже водяного. Значит, можно надеяться увидеть его свободный верхний уровень уже в сосуде обычных размеров. Послушайте, как Торичелли сам рассказывает о своем опыте:

> «Мы живем, – писал он, – на дне воздушного океана, и опыт с несомненностью показывает, что воздух имеет вес.
>
> «Мною было изготовлено много стеклянных пузырьков с длинной трубкой в 2 локтя; я наполнял их ртутью, придерживая отверстие пальцем; когда затем я их опрокидывал в чашку с ртутью, они опоражнивались, но трубка оставалась наполненной до высоты локтя и одного пальца. Желая доказать, что пузырек совершенно пуст, я подставленную чашку доливал водой, – тогда, при постепенном подъеме трубки можно было видеть, что, едва ее отверстие оказывалось в воде, из трубки выливалась ртуть, и весь пузырек стремительно наполняла вода до самого верха.
>
> «Итак, сосуд пуст, ртуть же держится в трубке. До сих пор принимали, что сила, удерживающая ртуть от естественного стремления опускаться, находится внутри верхней части сосуда – в виде пустоты или весьма разреженной материи. Я же утверждаю, что причина лежит вне сосуда, приходит извне: на поверхность жидкости в чашке давит воздушный столб высотою в 50 × 3000 шагов[10]. Неудивительно, что жидкость входит внутрь стеклянной трубки, к которой она не имеет ни влечения, ни отталкивания, и поднимается так высоко, пока она не уравновесится внешним воздухом. Ясно, что именно ее толкает. Вода же поднимается в подобной, по гораздо более длинной трубке почти до 18 локтей, т. е. во столько раз выше, во сколько раз ртуть тяжелее воды».

Самые высокие барометры

Трубка Торичелли была в сущности первым барометром – прибором для измерения атмосферного давления[11]. Если вместо ртути взять воду, то высота столба воды в таком барометре была бы не 76 см, а в $13\,{}^{1}/_{2}$ раз больше, т. е. около 10 м.

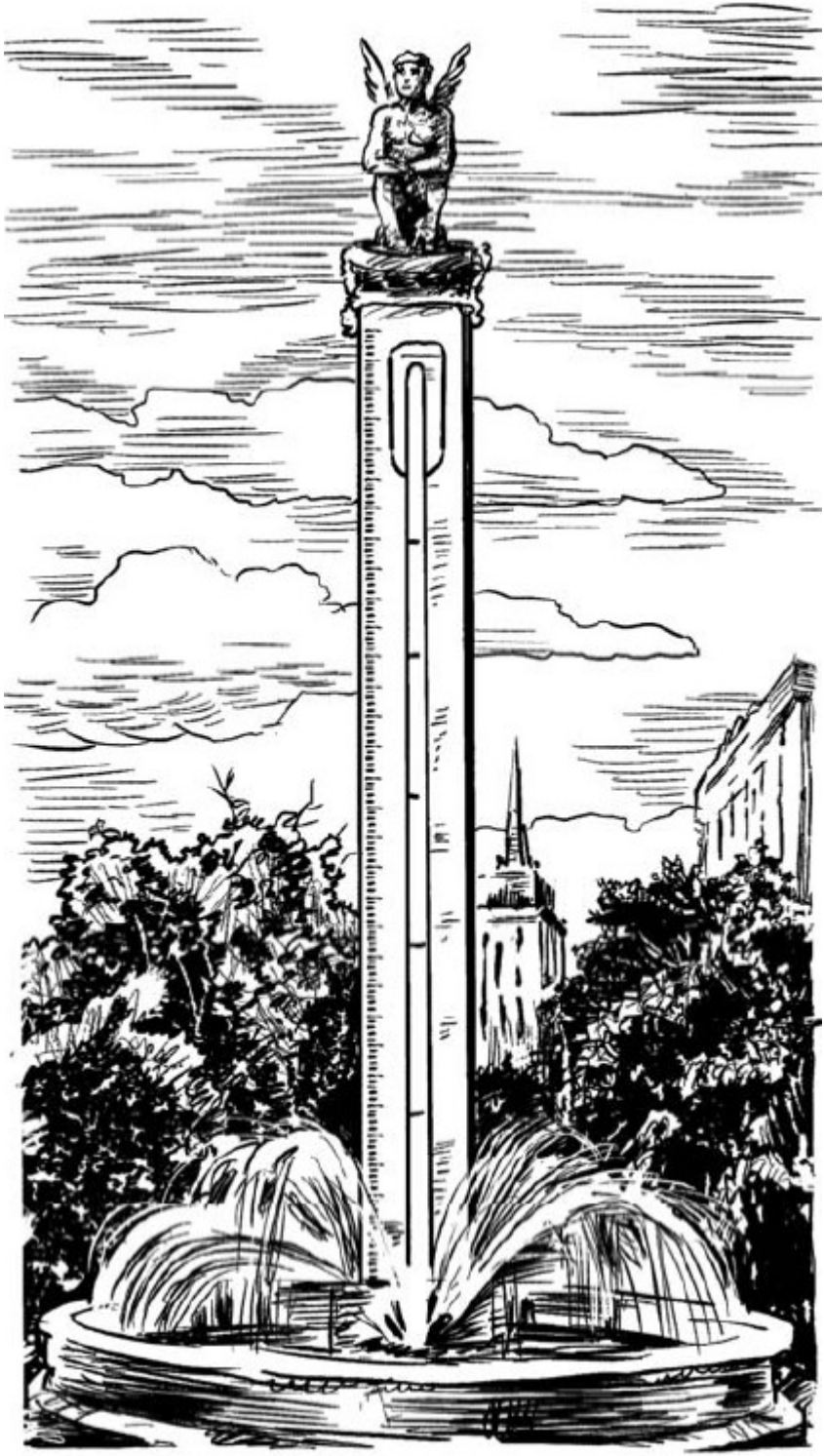


Рис. 57. Барометр-памятник в итальянском городе Фаэнца,

родине Торичелли. Труба барометра наполнена оливковым маслом. Высота барометра 11 метров. Фонтан внизу иллюстрирует также одно из открытий Торичелли

Паскаль – старинный французский ученый, о котором мы уже имели случай говорить, – сделал опыт с еще большим барометром, так как жидкостью для него служило вино. Он наполнил красным вином стеклянную трубу высотою около 14 м, закупорил ее, погрузил одним концом в бадью с вином и вынул под жидкостью пробку от трубы. Винный столб имел в высоту – от уровня вина в бадье до верхушки – 10 м 40 см. Рис. 56 изображает этот старинный опыт. Само собою разумеется, что такого рода опыты приходится делать не в комнате, а прямо на улице. Еще выше тот масляный барометр, который сооружен на родине Торичелли в виде памятника (рис. 57).

Сколько весит весь воздух на Земле?

Опыты, сейчас описанные, показывают, что столб воды в 10 м высоты весит столько же, сколько столб воздуха от Земли до верхней границы атмосферы, – оттого они и уравновешивают друг друга. Нетрудно вычислить поэтому, сколько весит воздушный столб, опирающийся на каждый квадратный сантиметр земной поверхности: столько же, сколько весит 10-метровый столб воды с основанием в сантиметровый квадратик. В таком столбе 1 тыс. сантиметровых кубиков; а так как каждый кубик весит, мы знаем, 1 г, то целый водяной столб весит 1 тыс. г, т. е. 1 кг. Это есть в то же время и вес воздушного столба такой же толщины, высотой от земли до границы атмосферы. Значит, атмосфера давит на каждый квадратный сантиметр Земли (или вещей на ней) с силою 1 кг.

Узнав это, нетрудно уже рассчитать, сколько весит весь воздух, окружающий нашу планету: столько килограммов, сколько квадратных сантиметров заключает вся земная поверхность. Поверхность земного шара равна, круглым счетом, 600 млн. км^2. Кто не боится вычислений с длинными числами, тот сам рассчитает, что вся атмосфера весит 5 000 000 000 000 000 т – пять тысяч биллионов тонн! Вес поистине чудовищный, но по сравнению с еще более огромным весом самого земного шара все же довольно скромный. Вычислено, что атмосфера весит примерно столько, сколько одна гора Эверест: в миллион раз меньше земного шара.

Как высока земная атмосфера?

Если определить вес атмосферы сравнительно просто, то гораздо труднее узнать, как она высока. Воздух, чем выше, тем становится все разреженнее, и это мешает человеку подняться высоко вверх. Уже на высоте 1 500 м разреженность воздуха сказывается в том, что человек начинает испытывать болезненные явления, несмотря на то, что на такой высоте воздух совершенно свободен от бактерий. Начиная с 3 тыс. м, где количество кислорода на $^1/_4$ меньше нормального, появляются признаки «горной болезни»: головокружение, тошнота, учащенные пульс и дыхание. На высоте 4 тыс. м число дыханий вместо 18 в минуту доходит до 40, а пульс вместо нормальных 80 – до 140. На высоте 5 тыс. м число красных кровяных телец человека (при продолжительном там пребывании) увеличивается с обычных 5 млн. в кубическом миллиметре до 8 млн. К этому, впрочем, можно привыкнуть: в Тибете существуют постоянные человеческие поселения почти на такой высоте (4 860 м), а в Перу на высоте 4 870 м устроена железнодорожная станция – высочайшая в мире.

На высоте 6 500 м воздух примерно вдвое реже, чем на уровне океана. Тем не менее еще на высоте 7 тыс. м наблюдали нередко полет кондоров; выше их не проникает ни одно животное. Но человек поднимался выше, беря с собой специальные аппараты для дыхания: без них существовать на такой высоте человек не может. Спутник Тиссандье погиб на высоте 8 600 м, так как смельчаки (в 1875 г.) отважились залететь в эту зону без аппаратов с искусственным воздухом. До 8 850 м поднимает свою вершину высочайшая гора земного шара – Эверест; человеку не удалось ступить ногой на ее вершину: пришлось прекратить восхождение, не доходя нескольких десятков метров[12]. Однако на аэроплане человек поднимался выше. 11 апреля 1934 г. итальянский летчик Донати взлетел на самолете до высоты 14 $^1/_2$ километров. Но на воздушных шарах люди забирались значительно выше. Для этого употребляют шары огромного размера, люди же помещаются не в открытой корзине, а внутри наглухо закрытой кабины, чтобы не задохнуться на тех высотах, где воздух очень редок. Такой воздушный шар, предназначенный для весьма высокого подъема, называется стратостатом.

В 1934 г. всех выше поднялись на стратостате «Осоавиахим» три советских воздухоплавателя: Федосеенко, Васенко и Усыскин, заплатившие жизнью за свой научный подвиг. 30 января они

достигли высоты 22 километра. Воздух там почти в 20 раз менее густой, чем вокруг нас у земли. В нем совсем нет водяных паров, а потому и небо там всегда безоблачно; оно не голубое, как у нас, а почти черное. Там всегда полное безветрие и ничем не нарушаемая тишина.

В столь высокие области атмосферы запускали лишь небольшие шары без пассажира; эти шары-зонды, несущие самозаписывающие измерительные приборы (термограф – термометр-самописец, барограф – барометр-самописец), достигали высоты 35 км, где воздух разрежен примерно в полтораста раз против плотности его у поверхности земли.

Рис. 58

В этом разреженном воздухе шар, распираемый газом изнутри, лопается, а имевшиеся на нем инструменты спокойно опускаются вниз на парашюте. Приборы, упавшие таким образом на землю, отыскиваются однако не всегда, часть их теряется и не попадает в руки ученых. Поэтому были придуманы особые шары-зонды, инструменты которых сами передают свои показания по радио. Этот радиозонд изобретен советским ученым А.П. Молчановым.

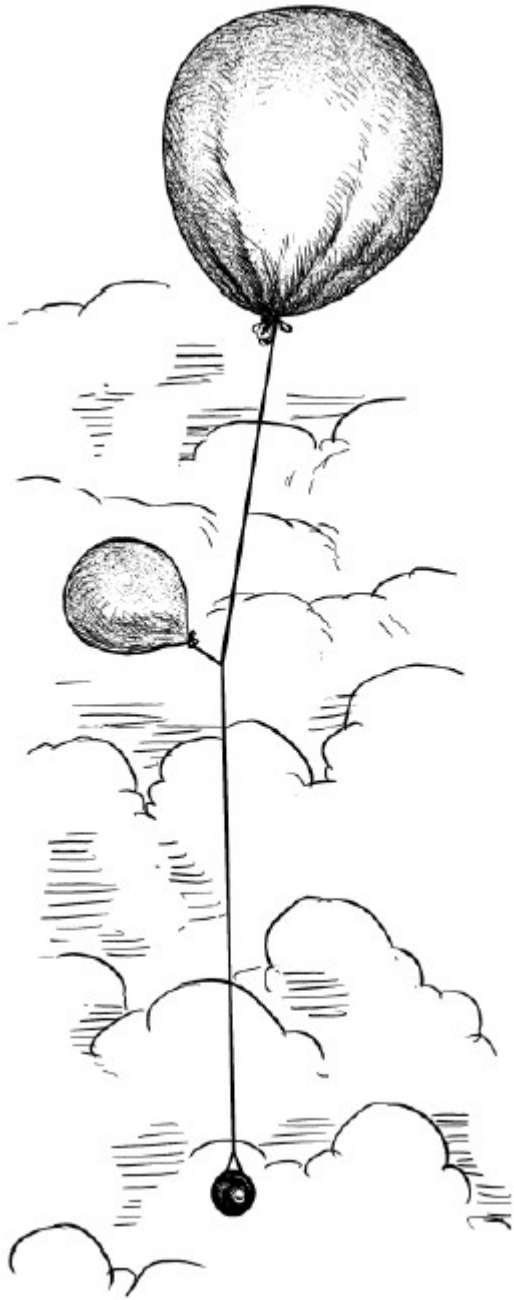


Рис. 59. Шары-зонды, несущие прибор-самописец

Границей атмосферы следует считать ту высоту, на которой имеются последние следы воздуха, чем-либо обнаруживающие свое существование. Это – высота в 600–700 км, куда достигают лучи полярных сияний. На высоте 100 км воздух разрежен

примерно в миллион раз по сравнению с воздухом близ земной поверхности. Если мы вспомним, что в так называемых «пустотных» электрических лампочках воздух разрежен «только» в сотни тысяч раз, то должны будем считать пространство на высоте уже 100 км практически пустым. Ученые подходят с более строгой меркой и отодвигают границу атмосферы в 6–7 раз дальше.

Исследовать эти крайние высоты атмосферы с помощью самолетов, воздушных кораблей или шаров-зондов нельзя и надеяться: они не смогут держаться в столь разреженной среде. Но, вероятно, со временем туда будут пущены ракеты с самописцами, которые и расскажут нам об условиях, господствующих на этих высотах.

Тяжелая газета

– Возьми-ка газету в руки, – сказал мне как-то старший брат в те годы моей юности, когда физика была мне еще совершенно незнакома. – Газета очень легка, не правда ли? И ты думаешь, конечно, что сможешь всегда поднять ее хоть одним пальцем. Но вот сейчас ты увидишь, что та же самая газета может сделаться очень и очень тяжелой. Подай мне вон ту чертежную линейку.

– Она изрублена, никуда не годится.

– Тем лучше: не жалко, если сломается.

Брат положил линейку на стол так, что часть ее высовывалась за край.

– Тронь за выступающий конец. Легко наклонить, правда? Ну, а попробуй наклонить ее, когда я накрою другую половину газетой.

Он разостлал газету на столе, аккуратно расправив ее складки и покрыв ею линейку.

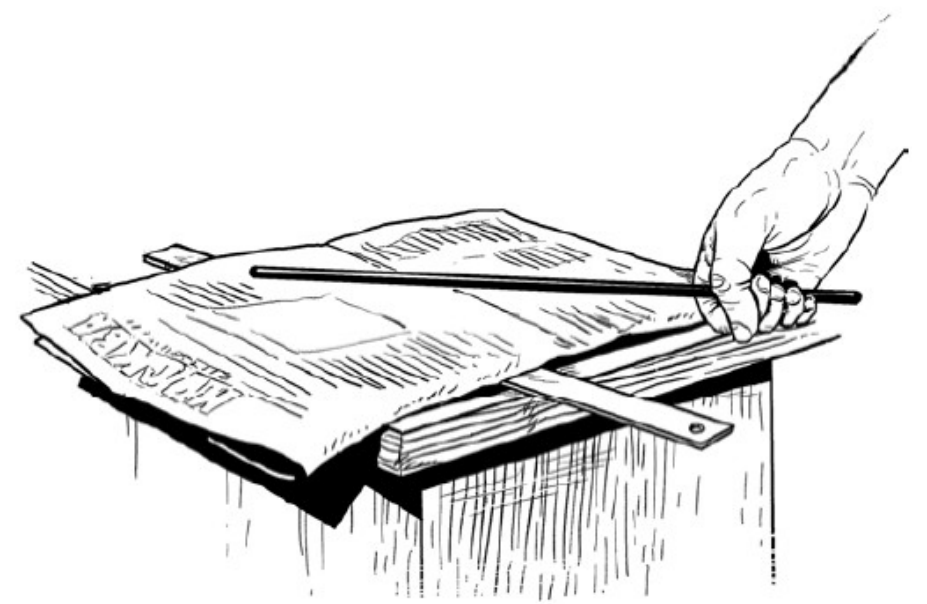


Рис. 60

– Бери палку и сильно ударь по выступающей части линейки. Бей со всего размаху.

– Так ударю, что линейка в потолок полетит! – воскликнул я, размахиваясь.

– Главное, не жалей силы.

Результат удара был совсем неожиданный: раздался треск линейка переломилась, а газета по-прежнему осталась да столе, прикрывая другой обломок злополучной линейки.

– Газета-то тяжелее, чем ты думал? – лукаво спросил брат.

Я растерянно переводил глаза с обломка линейки на газету.

– Но почему же газета не пустила линейку? Ведь вот я легко поднимаю ее со стола?

– В этом и суть опыта. На газету давит воздух, и с немалой силой: каждый квадратный сантиметр газетного листа он придавливает с силою килограмма. Когда ударяют по выступающему концу линейки, то другим своими концом она напирает на газетный лист снизу; газета должна приподняться. Если это делается медленно, то под приподнимающуюся газету успевает проникнуть воздух снаружи и своим напором уравновешивает давление на газету сверху. Но твой удар был так быстр, что воздух под газету проникнуть не успел: края газеты еще прилегали к столу, когда середина ее уже увлекалась вверх. Тебе пришлось поэтому поднимать не одну газету, а газету вместе с напирающим на нее воздухом. Короче сказать, тебе надо было поднять линейкой груз примерно во столько килограммов, сколько квадратных сантиметров заключает приподнимаемый участок газеты. Если бы это был участок бумаги всего в 16 квадратных сантиметров – квадратик со стороною в 4 сантиметра, то давление воздуха на него составляло бы 16 килограммов. Но поднимаемый участок бумаги заметно больше, приходилось, значит, поднимать изрядный вес. Такого груза линейка не осилила и сломалась.

Богатырское дуновение

В другой раз брат озадачил меня опытом иного рода, также основанным на свойствах газов. Он начал с того, что принялся кроить и клеить длинный мешок из большого листа газетной бумаги.

– Мешок выйдет на славу, – говорил он. – Я делаю его двойным, чтобы он не пропускал воздуха, когда мы его надуем. Ну вот, готово! Теперь, покуда наш мешок сохнет, принеси-ка сюда несколько книг пообъемистее.

Я разыскал на этажерке три увесистых тома медицинского атласа и положил их на стол.

– Можешь ты надуть этот мешок ртом? – спросил брат.

– Конечно, – сказал я.

– Простое и легкое дело, не правда ли? Но если придавить мешок парочкой таких книг?..

– О, тогда сколько ни старайся, мешок не раздуется.

Брат молча положил мешок у края стола, накрыл его одним томом, а поверх поместил стоймя еще одну книгу.

– Теперь следи. Буду надувать.

– Уж не собираешься ли сдунуть эти книги? – спросил я со смехом.

– Именно!

Брат стал раздувать мешок. И что же вы думаете? Нижняя книга наклонилась под напором вздувшегося мешка и опрокинула верхнюю. А ведь в них было не менее 5 кг весу!

Не давая мне опомниться от удивления, брат приготовился повторить опыт. На этот раз он нагрузил мешок тремя томами. Подул, и – вот богатырское дуновение! – все три тома опрокинулись.

Поразительнее всего то, что, когда я сам отважился проделать этот опыт, мне удалось опрокинуть книги так же легко, как и брату. Не надо вовсе обладать ни слоновыми легкими, ни богатырскими мускулами: все происходит почти без напряжения.

Брат объяснил мне, в чем тут было дело. Когда мы надуваем бумажный мешок, мы вгоняем в него воздух, сдавленный больше, чем наружный воздух, – иначе мешок не раздувался бы. Давление наружного воздуха равно примерно тысяче граммов на каждый квадратный сантиметр. Прикиньте, хотя бы приблизительно, сколько квадратных сантиметров бумаги зажато под книгами. Получится площадь сантиметров 150–300. Избыток давления в мешке над наружным давлением составляет примерно 15-ю долю атмосферного давления, т. е. 1000: 15 = около 70 г[13]. Легко

рассчитать теперь, что общее давление воздуха внутри мешка на зажатую его часть, т. е. на книги, составляет не меньше

$$70 \times 150 = \text{около } 10\,000 \text{ г},$$

иначе говоря, 10 кг. Такая сила, разумеется, более чем достаточна, чтобы опрокинуть книги.

Если бы площадь зажатой части мешка была раз в десять больше, можно было бы «дуновением» поднять человека. Ваш товарищ, конечно, не поверит этому: неужели он настолько легок, что достаточно дунуть – и он будет держаться буквально на воздухе? Однако вы можете убедить его, проделав над ним подобный опыт. Для этого вам понадобится большой бумажный мешок, размером в целый газетный лист; ради надежности мешок надо склеить из нескольких слоев газеты, иначе бумага лопнет при раздувании. В один из углов мешка плотно вклейте мундштук или гусиное перо в виде трубки, а на перо наденьте конец резиновой трубки, достаточно длинной, чтобы вы могли надувать мешок не нагибаясь.

Рис. 61

После этих несложных приготовлений вы сможете дуновением поднять товарища на воздух, если он станет на чертежную доску, покрывающую ваш бумажный мешок. А чтобы товарищу не было обидно, станьте потом на доску сами и своим

дуновением поднимите и себя на воздух. Если резиновая трубка достаточно длинна, это удается без особого труда (рис. 61).

Всегда ли легко задуть свечку?

Сейчас мы убедились, как могущественно бывает иногда наше дуновение. Но вот обратный пример, когда дуновение наше оказывается гораздо слабее, чем мы ожидаем. Пробовали ли вы задувать свечу через воронку? Вероятно, нет. Можно поэтому заранее сказать, что если проделаете такой опыт, то будете изумлены: задуть свечу через воронку вовсе не так легко. Вы можете сколько угодно дуть на свечку в узкий конец воронки, – пламя не шелохнется. Мало того: если вы поднесете воронку близко к свече, то пламя, вместо того чтобы отклониться от воронки, пригнется к ней, навстречу воздушной струе (рис. 62).

Секрет искусства задувать свечу через воронку все же довольно прост: надо держать воронку так, чтобы пламя приходилось не на продолжении оси воронки, а на продолжении ее широкого края. Тогда свеча гаснет даже от умеренного дуновения.

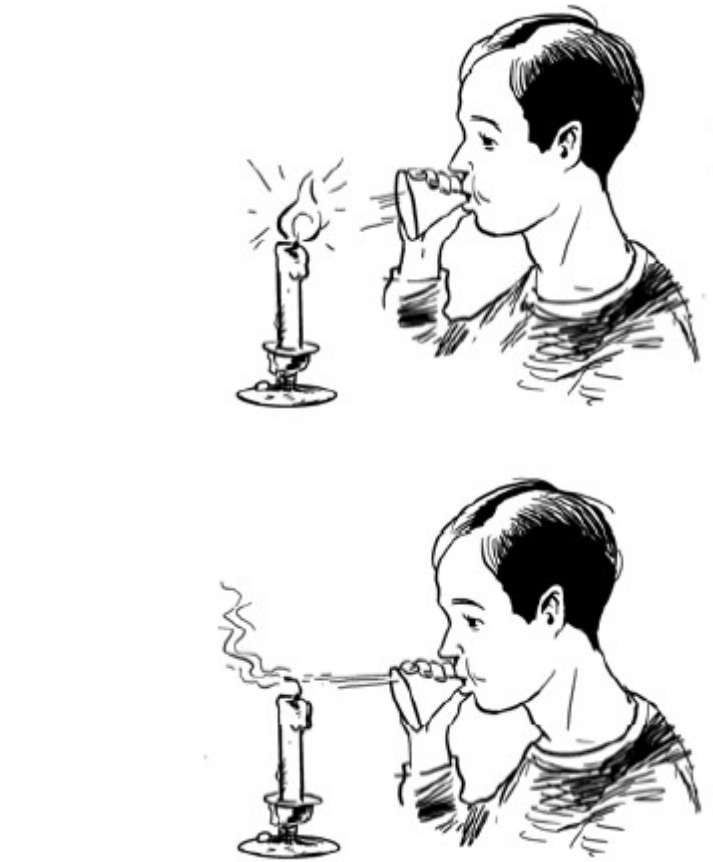


Рис. 62

Чем же объясняются эти загадочные явления? Тем, что воздушная струя, вытекая из узкой части воронки, не идет далее по прямой линии, а растекается вдоль стенок воронки. Вследствие этого воздух в осевой части воронки немного разрежается, оттого здесь и устанавливается обратный воздушный ток. Теперь понятно, почему пламя свечи, помещенное против этого места воронки, наклоняется навстречу ей, а помещенное против края – отклоняется вперед и гаснет.

Читателям, вероятно, будет интересно узнать, что описанный здесь, опыт натолкнул советского изобретателя О.Т. Синицына на мысль внести существенное усовершенствование в устройство важного физического прибора – Круксовой трубки. «Решений задачи, – писал он мне, – есть несколько, но применение воронок пока наилучшее. С опытом, показывающим, что воздух растекается по воронке, а не идет прямо, я познакомился из книги, написанной вами. Опыт с воронкой я проделал не раз и убедился, что он может помочь решить задачу соединения вакуума (пустого пространства) с окружающей средой».

Вот поучительный пример того, как иногда несложный опыт открывает путь к ценным изобретениям.

Почему не выливается?

Опыт, о котором сейчас будет рассказано, – один из самых легких для исполнения. Наполните стакан водой, покройте его почтовой карточкой и, слегка придерживая ее пальцами, переверните вверх дном. Теперь можете руку убрать: бумажка не отпадает, вода не выльется, если только вы не держите стакан косо.

В таком виде вы можете переносить стакан с места на место – но с большим удобством, чем при обычных условиях: вода не расплескивается. При случае вам нетрудно будет изумить товарища, принеся ему в ответ на просьбу дать напиться воду в опрокинутом стакане.

Что же удерживает карточку от падения? Давление воздуха: оно действует на карточку снизу с силою, которая, как легко рассчитать, гораздо больше, чем вес воды в стакане, т. е. чем 200 г.

Когда мне еще в детстве впервые показали и объяснили этот опыт, мне было сказано, что вода должна наполнять стакан весь, от дна до краев. Если она занимает только часть стакана, остальная же занята воздухом, то опыт не удастся: воздух изнутри стакана будет давить на бумажку, уравновешивая давление наружного воздуха; следовательно, она должна отпасть.

Рис. 63

Я решил тотчас же проделать опыт с неполным стаканом, чтобы самому увидеть, как бумажка отпадает. Представьте же мое удивление, когда я убедился, что она и тогда не отпадает! Карточка держится не хуже, чем при полном стакане.

Это послужило для меня наглядным уроком того, как следует изучать явления природы. Высшим судьей в естествознании должен быть опыт. Каждую теорию, как бы правдоподобна она ни казалась нашему уму, следует проверять опытом. «Поверяя и проверяя» – таков был лозунг первых исследователей природы (флорентийских академиков) в XVII веке, таков он и для физика XX века. И если при проверке теории окажется, что опыт не подтверждает ее, то надо доискаться, в чем именно теория ошибается.

В нашем случае нетрудно найти ошибку объяснения, на первый взгляд вполне убедительного. Отогнем осторожно один угол бумажки в тот момент, когда она закрывает снизу отверстие незаполненного стакана. Мы увидим, что через воду пройдет воздушный пузырь. Что это показывает? То, что в стакане воздух более разрежен, чем снаружи: иначе наружный воздух не устремлялся бы в пространство над водой. В этом и вся разгадка: стакан хотя и содержит воздух, но менее плотный, чем наружный, а следовательно, слабее давящий. Очевидно, при опрокидывании стакана вода, опускаясь вниз, вытесняет из него часть воздуха; оставшаяся же часть, распространяясь в прежнем объеме, разрежается и давит слабее.

В сущности, и в том случае, когда вода заполняет стакан, казалось бы, целиком, – над бумажкой, кроме воды, имеется в небольшом количестве также воздух. Достаточно самого тонкого слоя воздуха нормальной плотности, чтобы уравновесить давление атмосферы снаружи. Но воздух в стакане немного разрежен по сравнению с наружным, и оттого бумажка прижимается к краям стакана. Если бы воздуха в стакане совсем не было, наружное давление прижимало бы бумажку с силою в 60–70 кг (соответственно площади отверстия стакана). Оторвать бумажку от краев стакана было бы очень трудно; между тем в действительности для этого достаточно самого слабого усилия.

Вы видите, что даже простейшие физические опыты при внимательном отношении могут навести на серьезные размышления.

Водолазный колокол

Для этого опыта годится обыкновенный умывальный таз; но если вы сможете получить глубокую и широкую банку, то опыт проделать удобнее. Вам понадобится еще и высокий стакан. Это и будет ваш «водолазный колокол», а таз с водой представит уменьшенное подобие моря или озера.

Едва ли есть опыт проще этого. Вы держите стакан вверх дном, погружаете его на дно таза, продолжая придерживать рукой (чтобы вода его не вытолкнула). Легко при этом заметить, что вода внутрь стакана почти не проникает: воздух не допускает ее. Это становится гораздо нагляднее, когда под вашим «колоколом» находится какой-нибудь легко намокающий предмет, например кусочек сахара. Положите на воду пробковый кружок, на него – сахар и прикройте сверху стаканом. Смело опускайте теперь стакан в воду. Сахар очутится ниже уровня воды, но останется, сухим, потому что вода под стакан не проникает.

Рис. 64

Тот же опыт можно проделать и со стеклянной воронкой, если, повернув ее широким концом вниз, плотно заткнуть пальцем ее отверстие и тогда погрузить в воду. Вода под воронку не проникает; но стоит отнять палец от отверстия и тем дать воздуху выход, чтобы вода быстро поднялась в воронке до уровня

в сосуде.

Этот опыт должен наглядно объяснить вам, как люди могут находиться и работать под водой в водолазном колоколе или внутри тех широких труб, которые называются «кессонами». Вода не проникает внутрь водолазного колокола или кессона по той же причине, по какой не втекает она под стакан в нашем опыте.

Человек под водой

Хотя в воде и растворен воздух, но организм наш так устроен, что дышать этим воздухом, как дышат рыбы, мы не можем. Чтобы оставаться под водою, человек должен либо иметь с собою запас воздуха, либо же быть в сообщении с воздухом, который имеется над водою. Подводная техника пошла по обоим путям. Спускаясь в так называемом водолазном колоколе, изобретенном в конце XVIII века, человек дышит запасом того воздуха, который имеется в колоколе. А опускаясь под воду в особом водолазном костюме – скафандре, человек получает свежий воздух извне: его накачивают вниз насосами. В настоящее время водолазными колоколами больше не пользуются, а прибегают к услугам только скафандров.

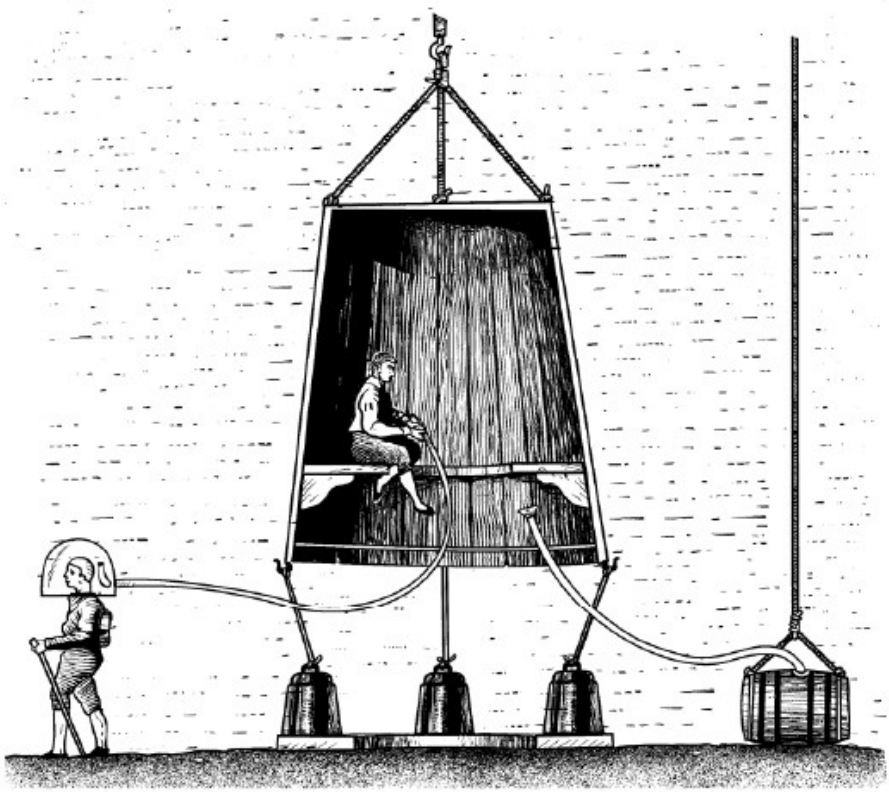


Рис. 65

В старину думали, что снабжать водолаза воздухом можно очень просто: провести трубку от его рта наружу, выше уровня воды, и водолаз сможет как угодно долго оставаться под водою,

дыша с помощью этой трубки. Когда слон окунается с головой в речную воду, он так и делает: выставляет конец хобота из-под воды и дышит наружным воздухом. Однако, когда тем же приемом пробовали пользоваться люди, дело кончалось очень плачевно: несчастных водолазов извлекали из воды бездыханными. После нескольких таких катастроф никто уже не решался больше повторять столь опасные опыты.

Чтобы выяснить причину этих неожиданных неудач, один венский врач произвел ряд испытаний над неглубоким погружением себя самого в ванну с трубкой, дающей возможность дышать под водою. Оказалось, что человеческий организм едва выдерживает такое испытание в течение нескольких минут, даже если глубина погружения достигает всего 60 см. На глубине 90 см врач мог продержаться всего одну минуту; на глубине целого метра – только полминуты; на глубине же полутора метров – не более шести секунд. Когда же врач отважился погрузиться с трубкой до глубины двух метров, он секунды через две уже потерял сознание; в его организме произошли до того серьезные расстройства, что удалось восстановить здоровье только после трех месяцев тщательного лечения в постели.

В чем же дело? Почему так вредно дышать под водой через трубку, выставленную наружу?

Нетрудно сообразить, какова причина, если вспомнить, что человеческое тело, погруженное под воду, подвергается там снаружи усиленному давлению, между тем как его легкие, соединенные трубкой с наружным воздухом, испытывают нормальное атмосферное давление. В результате неравенства наружного и внутреннего давлений кровь вытесняется из нижней части тела в легкие; из-за уменьшения оттока крови от сердца оно переполняется и расширяется. При опытах с мелкими животными обнаруживалось почти полное обескровливание ног и брюшной полости, так что при вскрытии внутренних органов под ножом почти не выступало крови.

Можно поставить вопрос: почему ничего подобного не происходит с просто ныряющим человеком? Потому что, ныряя, мы имеем запас воздуха в своих легких; этот воздух сдавливается окружающей водою в той же мере, как и прочие части тела. Неравного давления снаружи и внутри нет, оттого и нет тех болезненных явлений, о которых мы сейчас рассказали.

Теперь вы поймете, что водолазу, находящемуся на дне реки в водолазном костюме, надо подводить воздух не под обыкновенным атмосферным давлением, а под усиленным, соответствующим давлению воды на той глубине, где водолаз находится. На глубине 10 м давление воды составляет 1 кг на

квадратный сантиметр. А так как нормальное давление атмосферы равно также 1 кг на квадратный сантиметр, и это давление через воду передается водолазу, то, опустившись на глубину 10 м, водолаз испытывает давление в 2 кг на квадратный сантиметр. Значит, ему надо подавать насосом воздух, слитый вдвое: такой воздух, по законам физики, давит вдвое сильнее обычного атмосферного. На глубину 20 м надо накачивать водолазу воздух, сжатый втрое; на глубину 30 м – сжатый вчетверо, и т. д.

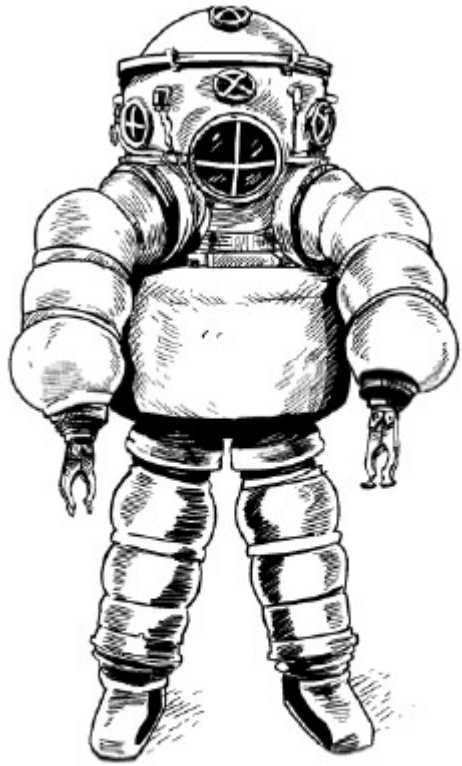
Но может ли человек дышать таким густым воздухом? Опыт показывает, что наибольшая плотность воздуха, каким можно еще человеку дышать, отвечает сжатию в $4^1/_2$ раза. Такое давление господствует под водою на глубине 35 м. Это и есть наибольшая глубина, на какую может человек погружаться в обыкновенном водолазном костюме[14].

Подвиги советских водолазов прогремели на весь мир. Далеко за рубежом известна работа бесстрашных и искусных водолазов Эпрона (Экспедиции подводных работ особого назначения на морях и реках СССР). За десять лет работы – с 1923 по 1933 – эпроновцы спасли затонувшие корабли «Малыгин», «Сталинград», «Харьков», подняли подводную лодку «№ 9», ледокол «Садко» и еще целую сотню других судов. (Кто хочет поближе познакомиться с работой водолазов, пусть прочтет книжечку К. Золотовского «Подводные мастера»; автор ее, сам водолаз, сумел рассказать о своей работе просто, правдиво и увлекательно.)

Я сказал раньше, что водолаз не может спускаться глубже 40 метров. При этом я имел в виду «подводного мастера», одетого в водолазный костюм обычного образца.

Обыкновенный скафандр представляет мягкую резиновую одежду, через которую давление воды целиком передается телу. Водолазные костюмы, сделанные целиком из самой прочной листовой стали, в сущности, не что иное, как стальной футляр, который защищает тело водолаза от давления окружающей воды. Футляр этот может однако сгибаться в сочленениях и дает водолазу свободу передвижения. В таком костюме можно опускаться гораздо глубже 35 м, потому что тело водолаза не испытывает вовсе давления воды и в футляр можно накачивать воздух обычной плотности. Конечно, и для стального футляра существует граница, глубже которой его нельзя погружать, чтобы он не смялся давлением воды[15].

РЕЗИНОВЫЙ ВОДОЛАЗНЫЙ КОСТЮМ



ТЯЖЕЛЫЙ, ГЛУБОКОВОДНЫЙ,
ЖЕСТКИЙ ВОДОЛАЗНЫЙ КОСТЮМ

Рис. 66

Металлические водолазные костюмы явились в ответ на требование практической жизни. Дело в том, что за время мировой войны затонуло свыше 4 тыс. судов, несших на себе груз стоимостью в миллиарды рублей. Часть этих грузов погребена на глубине, не настолько большой, чтобы нельзя было их извлечь. Насколько успешно идет подъем затонувших ценностей, видно из того, что до сих пор удалось уже извлечь со дна морей количество грузов, стоимость которых в несколько раз больше, чем цена золота, добытого на богатейших разработках Калифорнии со времени их открытия.

Лучшие водолазные костюмы жесткой системы, рассчитанные на глубину 200 м, весят в воздухе полтонны, под водою – не более 8 кг.

В пучине океана

Осенью 1932 г. американским ученым Уильямом Бибом была достигнута глубина 660 метров. Он спускался в закрытом стальном шаре, который ученый назвал «батисферой» (т. е. глубинным шаром).

Послушаем, что рассказывает он сам о своем необычайном спуске в пучину океана:

> «Приготовления к спуску заняли почти целый месяц. Надежность батисферы была проверена путем повторного опускания снаряда порожняком на глубину около 900 м.
>
> «Испытания батисферы были сопряжены с большой опасностью. После одного из пробных погружении батисфера оказалась полной воды почти доверху. Находившийся в ней воздух был сжат до ничтожного объема. Я принялся отвинчивать огромный запорный болт в центре люка. После нескольких поворотов раздался высокий, певучий звук. Затем врывалась тонкая и сильная струя водяной пыли. Я осторожно и медленно вращал рукоятку запорного винта, прислушиваясь к музыкальному звуку, который становился все более нетерпеливым, по мере того как давление заключенных в батисфере веществ постепенно уменьшалось – по четверть тонны давления на каждый оборот винта. Предвидя возможные последствия, я приказал очистить палубу перед люком батисферы. Вдруг запорный болт вырвался у меня из рук и пулей перелетел через палубу. За ним вылетел мощный столб воды, превратившийся затем в шумный водопад. Окажись я на пути, я был бы обезглавлен».

В конце сентября все было уже подготовлено к спуску. Участвовать в экспедиции должны были двое: названный ученый и кроме того строитель батисферы Бартон. Сидя внутри стального шара, они могли все время сообщать по телефону свои наблюдения на борт корабля, с которого производился спуск.

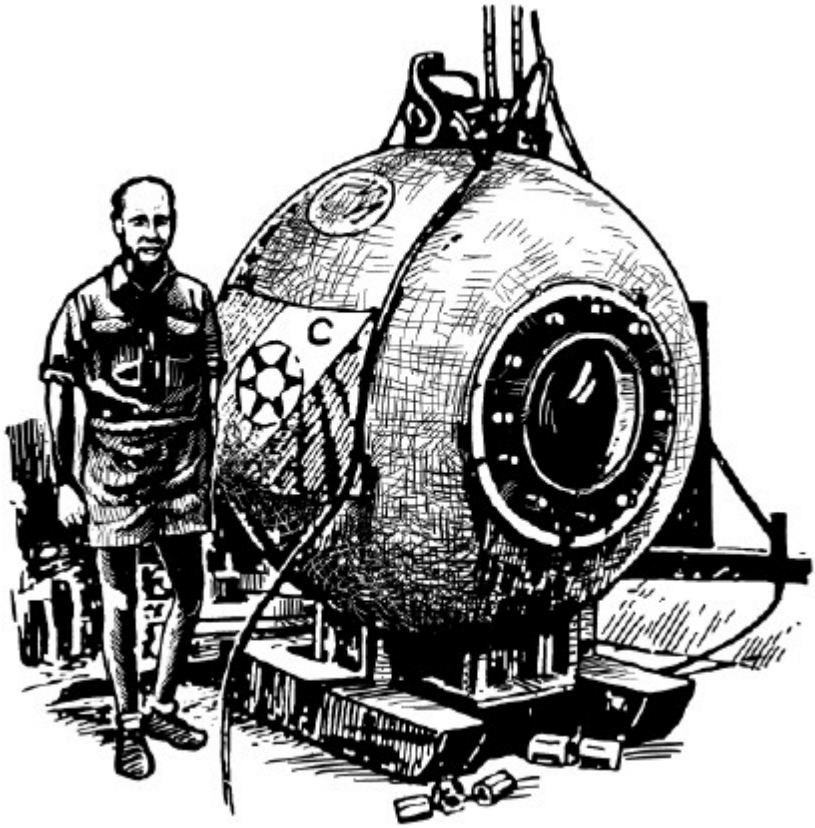


Рис. 67. Стальной шар – батисфера – для глубоководных погружений. Американец Биб опускался в этом снаряде до глубины 660 метров

«Осмотрев еще раз все инструменты и приборы, в 1 час 15 мин. дня мы залезли в батисферу. Люк был захлопнут, и началось крепление десятка больших гаек, от которого мы чуть не оглохли. Затем, одновременно с прощальными словами, был приведен во вращение запорный болт.

«Бартон тотчас отвернул кран кислородного баллона, а я надел наушники и установил контакт с телефонисткой. Я приказал начать погружение. Мы почувствовали, как батисфера дрогнула и, покачиваясь, поплыла в воздухе. Послышался плеск, которого я никогда не забуду, и по стеклу побежали пузыри и пена. Мы погружались в сверкающие изумрудом верхние слои океана.

«Об иллюминаторах из кварца и о люке я не беспокоился. Они отлично выдержали испытание при погружении на 900 метров. Но сальник телефонного ввода пропустил при последнем

испытании около 2 литров воды. Другим источником беспокойства была 1 000-ваттная лампа. Мы взяли ее впервые и не знали, какое действие она произведет на кварцевое окошко, около которого помещалась.

«На протяжении первых 60 метров мы старались устроиться как можно удобнее в нашем тесном помещении (поперечник батисферы равен 1,5 метра). Записная книжка, самые необходимые инструменты и фонарик находились у меня в открытом мешке на груди. Мелкие вещи я рассовал по карманам, а все остальное приходилось отыскивать по мере надобности среди других вещей в куче на дне нашего шара. Я занял наблюдательный пост у окна, а Бартон следил за прожектором, сальником и кислородным баллоном.

«В 2 часа 47 мин. шар достиг глубины 300 метров.

«Освещение становилось все более слабым. В течение некоторого времени, вися на этой глубине, мы проверяли состояние нашего мирка. Бартон установил, что люки и кран кислородного баллона в полной исправности. На телефонном вводе также не было никаких следов влажности. Я осветил фонариком окно и увидел, что из-под оправы стекла стекают тонкие струйки. Затем я заметил влажные струйки на всех стенках, и мы поняли, что это результат нормального сгущения наших испарений на холодной стали, а не просачивание воды снаружи.

«Бок о бок с нами плыла пара глубоководных угрей. Под самым моим носом промелькнули морские звезды.

«Кислород уходил быстрее, чем полагалось. Поэтому Бартон начал передавать показания приборов как можно короче, а мои сообщения наверх приобрели чисто телеграфный слог.

«В 2 часа 56 мин. мы были оглушены каким-то ревом и узнали, что сирена буксира отмечает наше погружение на 425 метров, т. е. на глубину, которая была до сих пор рекордной.

«Достигши 450 метров, мы включили прожектор. В свете его луча стали видны два больших угря, которые тотчас же уплыли в сторону.

«На глубине 495 метров стало темно, как… в преисподней. Мне уже не хватало сравнений для определения этого мрака. На расстоянии метра проплыла стая медуз, фосфоресцирующих ярким зеленым светом.

«В 3 часа 6 мин. мы были на глубине 510 метров и оставались здесь в течение трех минут. На этой глубине человеческий глаз не различал никаких признаков солнечного света, даже с помощью инструментов.

«Таким образом я опустился ниже зоны проникновения

солнечных лучей, доступных человеческому зрению.

«На глубине 585 метров мы испытали первую серьезную качку. Она началась неожиданно. Я порезал себе губу о выступ окна, а Бартон ударился головой о дверь. Мы пережили самый сильный испуг за все время погружения. На одно мгновение у нас создалось ощущение, будто мы оборвались и опрокидываемся. В дальнейшем такая качка повторялась каждые 2–3 минуты.

«Когда мы погрузились до 630 метров, батисферу качало так сильно, что большая часть наших химических составов просыпалась нам на голову. Пришлось непрерывно перераспределять остающиеся, чтобы обеспечить возможно большую поверхность поглощения углекислого газа.

«В 3 часа 23 мин. я приказал опустить нас глубже, и спустя 3 мин. нам сообщили, что мы находимся на глубине 660 метров. Температура оставалась почти прежней, но сталь была холодна, как лед, а оконное стекло холодило кончик моего носа. Окно приходилось все время протирать.

«Немного спустя, исследуя сальниковые уплотнения над головой, мы установили, что шланг телефонного ввода вдавлен на 1,5 дюйма внутрь батисферы. Качка становилась нестерпимой… Посовещавшись, мы решили, что цель нами достигнута и нет нужды оставаться в этих неприятных и нелегких условиях. Я распорядился начать подъем.

«В 4 часа 8 мин. мы выбрались на поверхность моря. Из нашей темницы мы вылезли разбитые и со сведенными конечностями, но очень довольные…»[16]

Сухим из воды

Вам уже известно, что воздух, окружающий нас со всех сторон, давит с значительной силой на все вещи, с которыми он соприкасается. Опыт, о котором сейчас будет рассказано, еще нагляднее покажет вам существование атмосферного давления.

Положите на плоскую тарелку монету или металлическую пуговицу и налейте воды. Монета очутится под водой. Вынуть ее теперь голыми руками, не замочив пальцев и не выливая воды из тарелки, конечно, невозможно.

Зажгите внутри стакана бумажку и, когда воздух нагреется, опрокиньте стакан на тарелку рядом с монетой так, чтобы монета очутилась не под стаканом. Теперь смотрите, что будет. Ждать придется недолго. Бумага под стаканом сразу погаснет, и воздух начнет в стакане остывать. По мере же его остывания вода будет втягиваться стаканом и вскоре вся там соберется, обнажив дно тарелки. Подождите минуту, чтобы монета обсохла, и берите ее, не замочив пальцев (рис. 68).

Понять причину этих явлений нетрудно. Когда воздух в стакане нагрелся, он расширился, как и все нагреваемые тела; избыток его нового объема вышел из стакана. Когда же воздух начал остывать, его давления стало недостаточно, чтобы в холодном состоянии уравновешивать наружное давление атмосферы. Вода под стаканом испытывает теперь на каждый сантиметр своей поверхности меньшее давление, чем в открытой части тарелки: она вгоняется под стакан, втискиваемая туда избытком давления наружного воздуха. Вода, значит, не «втягивается» стаканом, не всасывается им, как кажется при первом взгляде, а вгоняется под стакан извне.

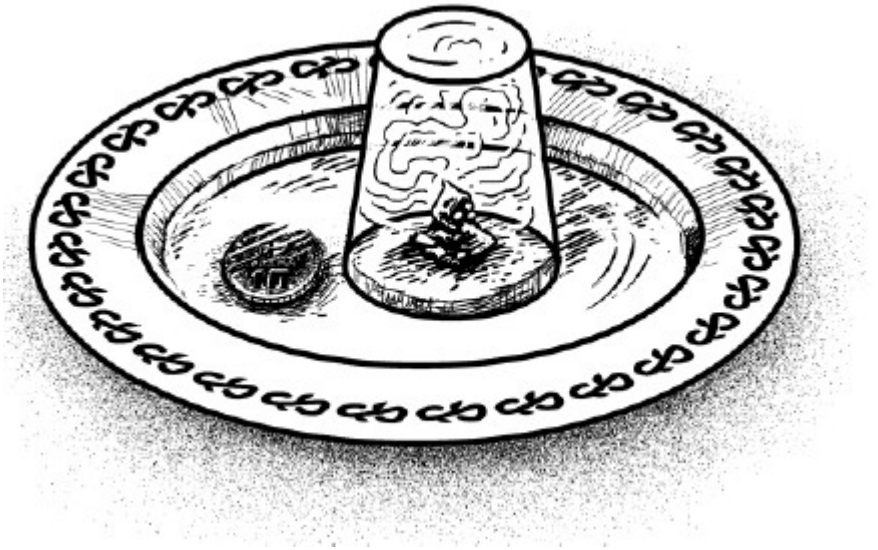


Рис. 68. Горящее пламя собирает под опрокинутый стакан всю воду из тарелки

Теперь, когда вам известна причина происходящих здесь явлений, вы поймете также, что нет надобности для опыта зажигать бумагу или горящую, смоченную в спирте ватку (как часто советуют), вообще пользоваться каким-либо пламенем. Сполосните стакан кипятком, – опыт удастся столь же хорошо.

Все дело здесь в том, чтобы нагреть воздух в стакане, а способ – безразличен[17].

Легко, например, проделать тот же опыт в следующем виде. Выпив чаю, опрокиньте стакан, пока он еще горяч, над блюдцем, в которое вы налили немного чаю заранее, чтобы к моменту опыта он уже успел охладиться. Через минуту-две чай из блюдца соберется под стакан.

Давление ветра

Когда ветер, т. е. движущийся поток воздуха, встречает преграду, он оказывает на нее давление большее, чем 1 кг на квадратный сантиметр. Давление воздуха на эту преграду спереди и сзади в таких случаях не уравновешивается, и избыток давления со стороны ветра стремится сдвинуть преграду с места. Это усилие и имеют в виду, когда говорят о «давлении ветра».

Величина давления ветра на обдуваемую им поверхность зависит от его скорости, от его «силы». Слабый ветер давит на квадратный метр поверхности, поставленной под прямым углом к нему, с силою 4–5 кг, сильный ветер – до 30 кг, шторм – до 75 кг. Нетрудно рассчитать, что, например, на радиомачту в 4 м высоты и 5 см толщины сильный боковой ветер давит с силою 6 кг, а шторм – 15 кг. Вы легко можете вычислить также, что на телеграфную проволоку длиною 50 м и толщиною 4 мм сильный ветер оказывает давление в 4 кг, а телеграфный столб высотою 8 м и поперечником 25 см шторм стремится опрокинуть с силою 150 кг.

Интересно подсчитать, что сильнее: давление урагана или рабочее давление пара в цилиндре паровой машины? Как ни странно, но пар оказывает во много раз большее удельное давление, чем самый сильный ураган. Действительно, ураган давит с силою 300 кг на 1 м^2. Это составляет на 1 см^2 в 10 000 раз меньше, т. е. $^3/_{100}$ кг. Давление же пара, увлекающее цилиндр в движение, достигает десятков килограммов на 1 см^2, а в новейших машинах еще больше. Следовательно, на одну и ту же площадку работающий пар давит в сотни раз сильнее, чем самый опустошительный ураган.

Если движущийся воздух сильно давит на встречное тело, то и спокойный воздух оказывает значительное давление на быстро движущееся тело. Это и есть причина того, что называют «сопротивлением воздуха».

Как останавливаются поезда воздухом?

Давление сжатого воздуха достигает иногда такой силы, что ею останавливают мчащийся поезд. Делается это помощью так называемых «воздушных тормозов». Устройство подобного тормоза показано на прилагаемых рисунках. На паровозе (см. рис. 69) помещается главный резервуар, наполняемый сжатым воздухом от насоса (компрессора). От главного резервуара отходит трубопровод, подводящий сжатый воздух к вспомогательным резервуарам под каждым вагоном. Когда трубопровод наполнен сжатым воздухом, колодки не прижимаются к бандажам колес: особый клапан V (см. рис. 70) мешает воздуху резервуара поступать в тормозной цилиндр, и пружина S оттягивает колодку от колеса. Чтобы привести тормоз в действие, машинист выпускает из трубопровода часть воздуха и тем уменьшает в нем давление. Тогда клапан автоматически открывается, воздух из резервуара (под вагонами) поступает в тормозной цилиндр, и напор его, противодействуя пружине, прижимает тормозную колодку к бандажу: вращение колес замедляется. То же, в случае необходимости, может сделать и пассажир в вагоне поезда, так как трубопровод имеет еще один клапан, открываемый поворотом рукоятки у стенки вагона. Наконец выпуск воздуха, а следовательно и торможение поезда, происходит сам собою в том случае, если мчащийся поезд разрывается по какой-либо причине: тормоз автоматически приходит в действие, и части разорвавшегося поезда останавливаются.

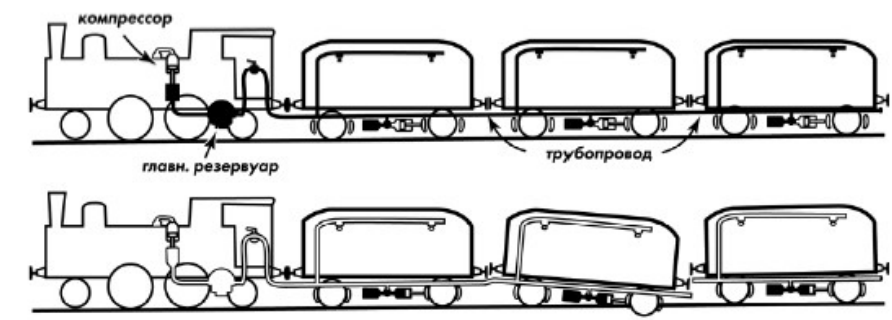


Рис. 69. Устройство воздушного тормоза для остановки поездов. Внизу показано, как действует тормоз в случае разрыва поезда. На обоих рисунках зачернены части, заполненные сжатым воздухом

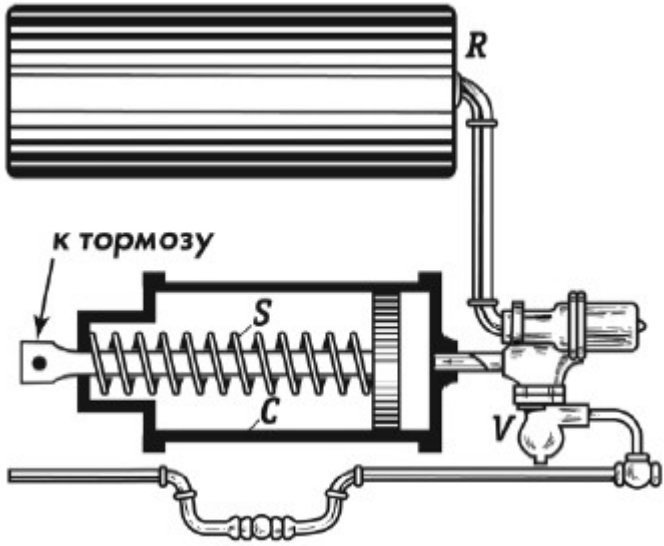


Рис. 70. Подробности устройства воздушного тормоза. Когда тормоз не работает, клапан Y закрыт, и сжатый воздух из баллона R не идет в цилиндр C; пружина S оттягивает стержень, соединенный с тормозной колодкой

Парашют

Из листа папиросной бумаги приготовьте круг поперечником в несколько ладоней. Посередине вырежьте кружок шириною в несколько пальцев. К краям большого круга привяжите нитки, продев их через дырочки; концы ниток, – они должны быть одинаковой длины, – привяжите к легкому грузику. Вот и все устройство парашюта.

Чтобы испытать ваш миниатюрный парашют, уроните его из окна верхнего этажа грузиком вниз. Груз натянет нитки, бумажный круг расправится, парашют плавно полетит вниз и мягко достигнет земли. Это – в безветренную погоду. А при ветре, даже слабом, парашютик будет подхвачен вверх, унесется прочь от дома и спустится где-нибудь далеко.

Чем больше «зонт» парашюта, тем больший груз вы сможете подвесить к нему (груз необходим, чтобы парашют не был перевернут), тем медленнее он станет падать в безветренную погоду и тем дольше будет он путешествовать по ветру.

Но почему парашют держится так долго? Вы догадываетесь, что парашюту мешает падать воздух; не будь бумажного листа, груз упал бы на землю, как гиря. Папиросная бумага увеличивает поверхность падающей вещи, почти ничего не прибавляя к ее весу; а чем больше поверхность предмета, тем заметнее сопротивляется воздух его движению.

Парашют ваш, конечно, не более, как игрушка. Но парашют больших размеров – очень полезное приспособление, спасшее жизнь многим летчикам. На самолете обычно имеется в сложенном виде большой парашют, и если в машине случится авария или неисправность, грозящая ей гибелью, летчик привязывает себя к парашюту и бросается с ним вниз. Во время падения парашют сам раскрывается (для этого имеется особое устройство), и летчик достигает земли невредимым. Конечно, и здесь не обходится иной раз без несчастья: случается, что парашют почему-либо не раскрывается, – тогда летчик камнем падает на землю и расшибается, но подобные несчастные случайности очень редки.

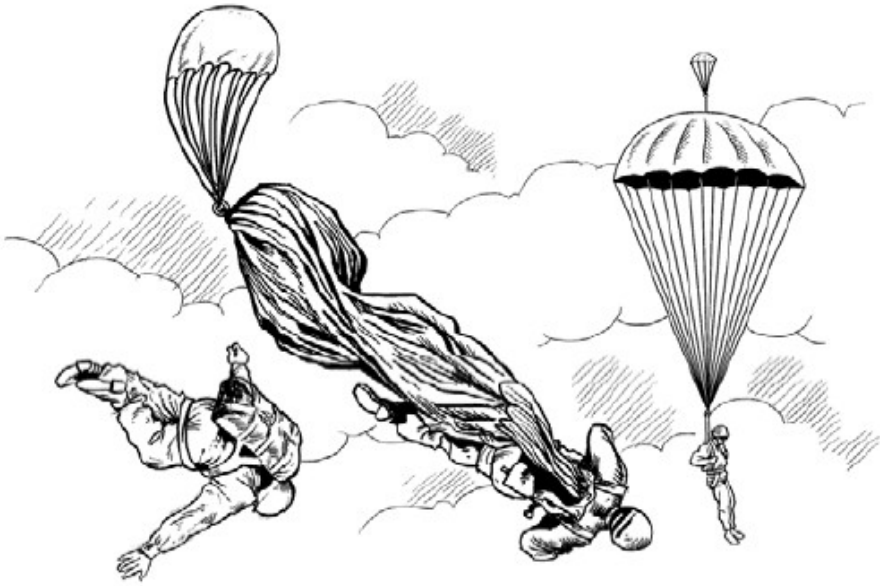


Рис. 71. Как летчик сбрасывается с парашютом (три последовательных момента)

Наши советские летчики достигли величайшего искусства в пользовании парашютами. В 1932 г. летчик Забелин совершил на парашюте прыжок с высоты 6 200 м (выше Монблана). В том же году летчик Афанасьев совершил другой рекордный прыжок: спрыгнув с высоты 2 тыс. м, он раскрыл парашют только на высоте 400 м, пролетев, значит, больше полутора километров без парашюта; это необычайное падение длилось 33 секунды.

Осенью 1933 г. летчик Евсеев поставил мировой рекорд так называемого «затяжного» прыжка с самолета. Он выбросился с высоты 7 200 метров, летел больше двух минут, не раскрывая своего парашюта; пролетев таким образом свыше 7 километров, отважный летчик раскрыл парашют только на высоте 150 метров над землей.

16 июля 1934 г. летчик Евдокимов установил новый мировой рекорд затяжного прыжка с парашютом. Евдокимов поднялся на самолете на высоту 8 100 метров и бросился вниз. Не раскрывая парашюта, он стремительно падал вниз 142 секунды и пролетел 7 900 метров. Парашют был раскрыт лишь на высоте 200 метров от земли.

Что же испытывает летчик во время падения с заоблачных высот? Вот что рассказывает сам Евдокимов о своем прыжке:

«По сигналу «приготовиться к прыжку» я пробираюсь

к отверстию в дне самолета и свешиваю ноги над бездной.

«По третьему сигналу я одновременно засекаю секундомер и прыгаю вниз ногами. Затем я переворачиваюсь вниз головой и так падаю.

«Очень трудно ориентироваться. От непроизвольного движения ноги или руки, создающего добавочное сопротивление, меня начинает крутить штопором. Я отставляю левую руку в сторону и этим прекращаю вращение. На высоте 5 500 метров встречаю верхний ярус облаков. Земли еще не видно. Я попал в солнечный район. Ниже плывут серые облака. Никакой ориентировки нет.

«Я лечу во втором облачном слое. Для облегчения напряжения снимаю маску и очки, которые в облаках очень вспотели.

«Осталось 700 метров до земли. Я вижу первые ее очертания. Тотчас же хватаюсь за кольцо – не для того, чтобы его выдернуть. Чувствую себя, как будто прыгнул с высоты 1000 метров. Однако нужно не прозевать – дернуть кольцо вовремя. Я смотрю на секундомер; земля приближается. У меня запечатлевается изгиб реки и поля овса. Когда стрелка заползла за 140 секунд, я выдергиваю кольцо. Рывок был настолько сильный, что секундомер, привязанный к руке шелковым шнурком, был оборван. Я сразу почувствовал снижение и, слегка подобрав ноги, принимаю еще один толчок от удара о землю…»

Пылинки в воздухе

Если выхорошо поняли, почему парашют, который, конечно, тяжелее воздуха, все же парит в нем, вам станет понятно, почему носится в воздухе пыль. Скажут, пожалуй, что здесь ничего нет удивительного: пыль легче воздуха, оттого и плавает в нем. Кто так думает, тот глубоко ошибается: пыль вовсе не легче воздуха, а тяжелее его в сотни и тысячи раз! Многие думают, что всякая пыль одинакова; это оттого, что пылинки очень мелки и не различаются простым глазом. Совершенно иное покажет вам микроскоп, увеличивающий раз в 200: вы увидите, что пылинки бывают весьма различны не только по форме, но по тому веществу, из которого они состоят.

Что такое пылинки? Мелкие частицы угля, дерева, волокна шерсти, цветочная пыль, обломки посуды, стружки металла, зола и т. п. Все эти материалы в сотни и тысячи раз тяжелее воздуха: железо – в 6 тыс. раз, дерево – в 300 раз и т. п.

Значит, пылинки нисколько не легче воздуха; напротив, они во много раз тяжелее его и никак не могли бы плавать в нем, подобно щепкам в воде.

Поэтому всякая пылинка твердого или жидкого тела непременно должна падать в воздухе, должна в нем «тонуть». Она и падает, но только падение ее происходит примерно так, как падает парашют. Дело в том, что у очень маленьких крупинок поверхность уменьшена не так сильно, как уменьшен их вес. Если сравните дробинку с круглой пулей, которая в 1 000 раз тяжелее ее, то поверхность дробинки окажется меньше поверхности пули всего только в 100 раз. Это значит, что у дробинки поверхность, приходящаяся на единицу веса, вдесятеро больше, чем у пули. Вообразите, что дробинка продолжает уменьшаться, пока не станет в миллион раз легче пули, т. е. превратится в свинцовую пылинку. У этой пылинки поверхность, приходящаяся на единицу веса, в 1 000 раз больше, чем у пули. Воздух мешает ее движению в 1 000 раз сильнее, чем движению нули. И оттого пылинка парит в воздухе, т. е. едва падает, а при малейшем ветре уносится даже вверх. Установлено, что мелкие пылинки могут парить в наших комнатах целые сутки, даже несколько суток, прежде чем осядут на пол.

Бумажный бумеранг

На сопротивлении воздуха основаны загадочные движения брошенного бумеранга – любопытного орудия первобытных австралийцев, описывающего в воздухе самые затейливые кривые. Вы можете изготовить маленькое подобие бумеранга, вырезав его из тонкого картона, например из почтовой карточки, в форме фигуры, изображенной на рисунке. Чтобы свой бумажный бумеранг заставить полететь, положите его на край книги и затем резко ударьте карандашом по выступающему концу. Бумеранг умчится, опишет плавную кривую, и если только ни на что не наткнется, то возвратится к вашим ногам. Поупражнявшись некоторое время, вы можете достичь большой ловкости в искусстве метания этой бумажной полоски (рис. 72).

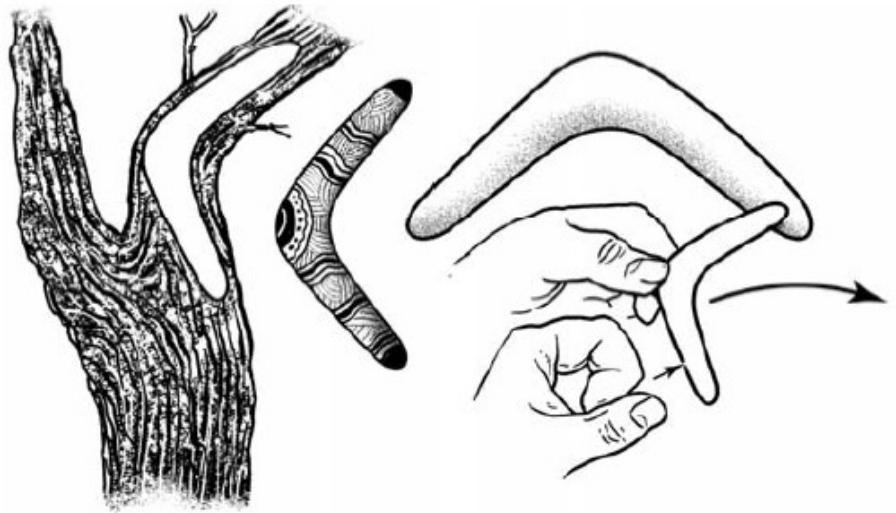


Рис. 72

Воздушное сопротивление

Первоклассный бегун, состязающийся на скорость, вовсе не стремится в начале бега быть впереди соперников. Напротив, он старается держаться позади них; только приблизившись к финишу, он проскальзывает мимо других бегунов и приходит к конечному пункту первым. Для чего избирает он такой маневр? Почему ему выгоднее бежать позади других?

Причина та, что при быстром беге приходится затрачивать немало работы для преодоления сопротивления воздуха. Обыкновенно мы не думаем о том, что воздух может служить помехой нашему движению: расхаживая по комнате или прогуливаясь по улице, мы не замечаем, чтобы воздух стеснял наши движения. Но это только потому, что скорость нашей ходьбы невелика. При быстром движении воздух уже заметно мешает нам двигаться. Кто ездит на велосипеде, тот хорошо знает, что воздух мешает быстрой езде. Недаром гонщик пригибается к рулю своей машины: он этим уменьшает величину той поверхности, на которую напирает воздух. Вычислено, что при скорости 10 км в час велосипедист тратит седьмую часть своих усилий на то, чтобы бороться с воздухом; при скорости 20 км на борьбу с воздухом уходит уже четвертая доля усилий ездока. При еще большей скорости приходится расходовать на преодоление воздушного сопротивления третью долю работы и т. д.

Теперь вам станет понятно загадочное поведение искусного бегуна. Помещаясь позади других, менее опытных бегунов, он освобождает себя от работы по преодолению воздушного сопротивления, так как эту работу выполняет за него бегущий впереди. Он сберегает свои силы, пока не приблизится к цели настолько, что станет наконец выгодно обогнать соперников.

Маленький опыт разъяснит вам сказанное. Вырежьте из бумаги кружок величиной с пятикопеечную монету. Уроните монету и кружок порознь с одинаковой высоты. Вы уже знаете, что в пустоте все тела должны падать одинаково быстро. В нашем случае правило не оправдается: бумажный кружок упадет на пол заметно позднее монеты. Причина та, что монета лучше одолевает сопротивление воздуха, чем бумажка. Повторите опыт на иной лад: положите бумажный кружок поверх монеты и тогда уроните их. Вы увидите, что и кружок и монета достигнут пола в одно время. Почему? Потому что на этот раз бумажному кружку не приходится бороться с воздухом: эту работу выполняет за него

монета, движущаяся впереди. Точно так же и бегуну, движущемуся позади другого, легче бежать: он освобожден от борьбы с воздухом.

Старинные опыты с безвоздушным пространством

Наши беседы о свойствах воздуха закончим старинным рассказом о первых опытах с воздушным насосом. Опыты эти производились в конце XVII столетия председателем самоуправления немецкого города Магдебурга физиком Отто Герике. Рассказ о выполненных им интересных опытах поясняется рисунками, взятыми из его книги.

Первый опыт образования пустоты: выкачиванием воды

«Мне пришел на мысль следующий опыт:

«Если наполним водою бочку, все щели которой заделаны настолько тщательно, что в нее не может проникать внешний воздух, затем вставим в дно металлическую трубку, через которую можно выпускать воду, то в силу своей тяжести она будет вытекать и оставит в бочке пустое пространство, в котором не может быть и никакого другого вещества.

«Желая проверить на опыте свои соображения, я заказал себе медный насос с поршнем и цилиндром, очень тщательно пригнанными (чтобы воздух не мог проникать внутрь насоса и выходить из него мимо поршня). Далее насос был снабжен двумя кожаными клапанами, из которых внутренний должен был впускать воду, а наружный – содействовать ее выливанию.

Укрепив в дне бочки свой насос, я попытался выкачать воду. Однако при этом обручи и винты, которыми насос прикреплялся к бочке, отрывались, прежде чем поршень успевал втянуть воду.

Рис. 73. Отто Герике, изобретатель воздушного насоса

«Впрочем труд мой не оказался бесполезным. После того как насос прикрепили большими винтами, было наконец достигнуто то, что трое сильных работников, качавших насос, могли добыть воду через отверстие, прикрытое клапаном. Тогда внутри бочки послышался шум, какой бывает при кипении воды; он продолжался до тех пор, пока пространство, оставшееся после удаления воды, не было заполнено воздухом.

Рис. 74. Первый опыт Отто Герике над образованием безвоздушного пространства

«Этот недостаток надо было устранить каким-ни-будь способом; я достиг этого, взяв бочку меньших размеров и поместив ее внутри первой. Пропустив трубу более длинного насоса через дно обеих бочек, я велел наполнить водой меньшую бочку, законопатить ее отверстие и затем, наполнив водой также большую бочку, вновь начал работу. Теперь вода выкачивалась из маленькой бочки и, несомненно, оставляла в ней после себя совершенно пустое пространство.

«Но при наступлении ночи, когда дневной шум прекратился, можно было слышать внутри бочки прерывающийся звук, имевший сходство с птичьим щебетаньем. Это продолжалось почти трое суток.

«Когда же затем отверстие маленькой бочки было открыто, то большая часть ее оказалась наполненной воздухом и водой.

«Все были изумлены тем, что вода могла снаружи попасть в столь прочно законопаченную бочку.

Повторив опыт несколько раз, я пришел к убеждению, что вследствие сильного давления вода проникает в меньшую бочку через дерево; проникает туда и некоторое количество воздуха».

Второй опыт образования пустоты: выкачиванием воздуха

«Когда опыт и рассмотрение дерева убедили меня в его скважности, я счел более целесообразным употребить для своей цели шаровидный медный сосуд, снабженный сверху латунным краном. Приспособив к нижней части этого шара насос, я приступил к выкачиванию воздуха, как прежде выкачивал воду.

Рис. 75. Второй опыт Отто Герике над образованием безвоздушного пространства

«Сначала поршень двигался свободно, но вскоре работать поршнем становилось все труднее и труднее, так что двое сильных работников едва в состоянии были выдвигать его. В то время как они еще продолжали работать и полагали, что весь воздух выкачан, металлический сосуд внезапно, к общему испугу, был сплющен с сильным треском, как если бы сосуд был брошен с самой высокой башни. Этот случай я объяснил тем, что, может быть, по небрежности мастера сосуду не была придана достаточно шаровидная форма. Пришлось приготовить сосуд правильной шаровидной формы; из него воздух вначале выкачивался легко, а под конец с большим усилием.

«Таким образом при повторении опыта получено было пустое пространство.

«После того как кран сосуда был открыт, воздух стал наполнять медный шар с такою силою, что, казалось, способен был увлечь за собой стоявших тут людей. Если к шару приближали лицо, то захватывало дыхание; даже руку нельзя было держать близко от крана, – ее могло втянуть».

Опыт, доказывающий, что два полушария, стиснутые давлением воздуха, нельзя разнять усилиями 16 лошадей

«Я заказал два медных полушария диаметром в три четверти магдебургских локтя (т. е. около 40 см). К одному полушарию был приделан кран; с помощью его можно было удалить воздух изнутри и препятствовать проникновению воздуха снаружи. Кроме того к полушариям прикреплены были 4 кольца, через которые продевались канаты, привязанные к упряжи лошадей. Я велел также сшить кожаное кольцо и напитать его смесью воска со скипидаром; зажатое между полушариями, оно не пропускало в них воздух. В кран вставлена была трубка воздушного насоса, и был удален воздух внутри шара. Тогда обнаружилось, с какою силою оба полушария придавливались друг к другу через кожаное кольцо. Давление наружного воздуха стискивало их так крепко, что 16 лошадей не могли их разнять вовсе или достигали этого лишь с трудом. Когда же полушария, уступая всей силе лошадей, разъединялись, то раздавался звук, как от ружейного выстрела.

«Но стоило поворотом крана открыть свободный доступ воздуху, и оба полушария нетрудно было разнять руками.

«На основании этого опыта я рассчитал, что если оба приложенных полушария подвесить и к нижнему подвязать груз в 2 686 фунтов, то оно будет этим весом оторвано от верхнего полушария. Вес этот зависит однако несколько и от состояния воздуха, так как давление воздуха бывает порою сильнее, порою слабее. В этом грузе для данного основания цилиндра как бы воплощен вес неба (т. е. воздушного столба до границ атмосферы). Кто желает узнать вес всего воздуха на Земле, тот должен сначала определить поверхность Земли в квадратных милях; затем, переведя в квадратные локти, можно уж найти искомый вес».

Сходный опыт, при котором полушария, неразделимые силами 24 лошадей, разъединены были дуновением воздуха

«Сейчас упомянутые полушария, ударяясь о землю при их разъединении, когда лошади выпрягались, повредились и утратили свою шаровидную форму. Я заказал поэтому два полушария больших размеров, диаметром в целый локоть (55 см). Величина их была выбрана такой, чтобы в пустом состоянии их не могли разъединить 24 лошади. Воздушный цилиндр с таким основанием должен весить 5 400 фунтов. В предыдущем опыте разъединение грузов в 2 686 фунтов потребовало силы 16 лошадей. Какая сила нужна, чтобы преодолеть груз в 5 400 фунтов? Расчет показывает, что нужны 34 лошади. А так как впрягалось только 24 лошади, то можно было с уверенностью

предвидеть, что полушария не будут разняты. Они и остались соединенными, и воздух внутрь не проник. Но, открыв кран, можно было впустить воздух, и тогда полушария сами распались.

Рис. 76. Опыт Герике с медными полушариями

«Мы можем, следовательно, действительно сказать, что разъединение полушарий, недостижимое силою 24 лошадей (а при еще больших полушариях даже силою 100 лошадей), может выполнить всего лишь один человек простым дуновением».

Опыт, показывающий, что полушария могут быть разняты грузом

«Чтобы упомянутые ранее меньшие полушария не оставались без употребления, я приказал на дворе моего дома, у угла садовой ограды, врыть прочный отвесный столб, вверху устроить поперечную балку, к которой прикрепить крепкий железный крюк. На этот крюк я с помощью железного кольца повесил оба полушария. К нижнему полушарию на четырех цепях, продетых через кольца, подвешена была квадратная доска, наподобие чашки весов городской важни. На нее накладывалось столько гирь, сколько требовалось для разъединения полушарий.

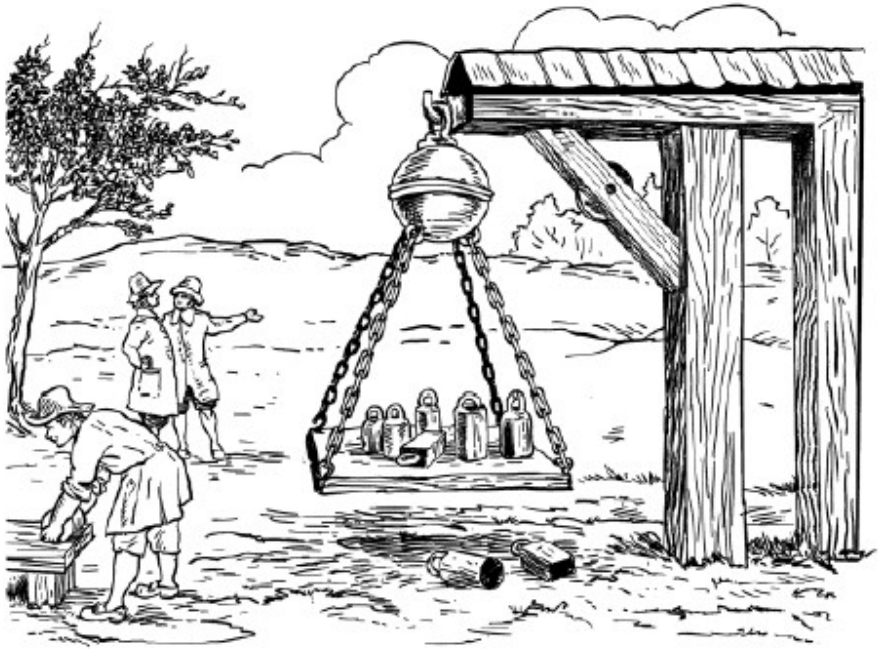


Рис. 77

«Выше было определено, что воздух давит на каждое полушарие с силою 2 686 фунтов. Следовательно, оба полушария разнимутся, если на чашку будет положен груз в 2 686 фунтов. Это разъединение и последовало с глухим звуком».

Глава четвертая Тепло и холод

Выпрямление каменной стены

Главу о теплоте начнем с поучительной истории о том, как во Франции выпрямили покосившуюся стену большого здания. История эта – с легкой руки Л.Н. Толстого[18] – давно уже попала во многие школьные книги для обучения чтению. Там она однако рассказывалась чересчур кратко. В полной передаче она гораздо интереснее.

Далее приводится этот рассказ в том виде, в каком я нашел его в одной старинной книге:

«Фундамент здания Музея искусств и ремесел в Париже был испорчен до такой степени, что стены главного зала постоянно оседали, выдавались наружу и даже угрожали падением. Наполеон I приказал произвести по этому предмету исследование и представить смету издержек на поправку здания. Комиссия, назначенная для этой цели, после тщательных изысканий решила, что необходимо сломать стены, заложить новый фундамент на 10 футов глубже и вывести на нем новые стены. Расходы на все это должны были доходить до 10 млн. франков. Наполеон нашел, что сумма слишком велика, и дело остановилось.

«Через год опять заговорили об этом и представили Наполеону всю опасность, какой могли подвергнуться и жители, и посетители здания, если его оставить без исправлений. Наполеон приказал собрать новую комиссию. Комиссия произвела обширные работы, исследовала грунт и пришла к заключению, что нет надобности ломать стены, а достаточно вырыть под ними 10 колодцев около 40 футов глубиною и, достигнув скалистого грунта, подвести под стены толстые гранитные столбы; на этих столбах надо утвердить подъемные винты, с помощью их поднять стены и таким образом сохранить здание от разрушения. Что же касается издержек, то работа обойдется в 9 850 тыс. франков. Наполеон не утвердил предложения второй комиссии, и дело осталось по-прежнему нерешенным.

«Тогда к Наполеону явился инженер Молар, способный и изобретательный молодой человек, сообщивший ему, что он осматривал повреждения здания и считает возможным произвести все поправки на десятую часть тех сумм, которые требовали обе комиссии. Требуемая Моларом сумма была ему выдана, и он немедленно приступил к работе.

«Он начал с того, что в стенах строения на довольно значительной высоте приказал просверлить одно над другим два ряда отверстий величиною в руку. С любопытством ожидали, что

из этого будет; но когда, спустя несколько недель, из отверстий показались концы толстых железных болтов с крупною винтовою нарезкою, то все, кто ждал от Моляра успеха, потеряли всякую надежду, а члены комиссий, начинавшие было сомневаться в правильности своих решений, ободрились. Стянуть дом болтами казалось слишком безрассудно. Откуда взять силу, чтобы навинтить гайки, преодолевая вес тяжелых стен? Между тем к каждому болту был прикреплен якорь о четырех лапах; якоря эти могли выдержать значительное давление. Под нижним рядом болтов, проходивших через все здание, были устроены четырехугольные очаги из листового железа, которые привешивались к болтам. Для чего они – никто не понимал.

«Однажды утром толпа любопытных заметила рабочих, которые, стоя на легких подмостках, привешенных к выступающим концам болтов, завинчивали гайки. Через несколько времени работа прекратилась, и зрители разошлись с убеждением, что все предприятие имело еще менее прочное основание, нежели исправляемое здание.

«На следующее утро с удивлением заметили, что гайки всего нижнего ряда болтов ослабели и отстали от стен на целый дюйм; рабочие опять занялись завинчиванием гаек. Это возбудило всеобщее любопытство. На третье утро ослабели все гайки верхнего ряда болтов, а когда их завинчивали, можно было заметить, как ослабевали гайки нижнего ряда. Подобная работа продолжалась около 14 дней; по истечении их стены исправляемого здания примкнули к стенам других строений; все убедились, что они уже не косы. Насмешливые лица членов обеих комиссий сделались очень серьезны, когда они узнали, что помощью неизвестного, но, по-видимому, чрезвычайно простого средства достигнуто было то, что они считали почти невозможным.

«Дело было в следующем. Молар пропустил через стены два ряда болтов, а снаружи прижал к ним якоря посредством прочных гаек. Когда это было исполнено, то на очагах под нижним рядом болтов был разведен огонь; болты нагрелись и удлинились. В этом положении болты выступили из стен наружу более, чем прежде, а следовательно, гайки могли быть снова навинчены вплотную. Это довинчивание гаек и составило работу первого утра. Когда погасили огонь, болты охладились и укоротились настолько, насколько они удлинились при нагревании; а так как это движение преодолевает большое сопротивление, то стены строения сблизились на столько же, на сколько стянулись болты. Если бы болты были тоньше, они должны были бы разорваться, потому что при охлаждении не могут сохранять той длины,

которой достигли благодаря нагреванию. Обратно: если защемить железный болт между двумя стенами и в этом положении нагреть его, то он или раздвинет и опрокинет стены, или же согнется сам.

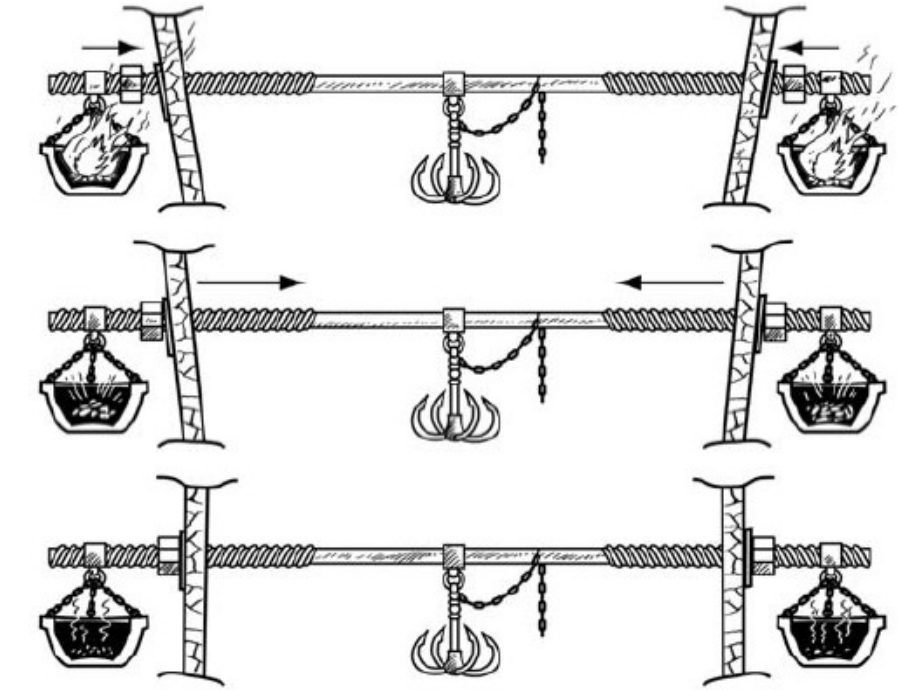


Рис. 78

«Железные болты, употребленные Мол аром, были достаточно прочны: они не разорвались, но подтянули стены. По этой-то причине верхний ряд болтов выдался из стен; гайки уже неплотно прилегали к ним, и работа второго утра состояла в том, чтобы снова довинтить их. После этого нижний ряд болтов был нагрет вторично. Во время его расширения верхний ряд удерживал стены (иначе они пришли бы в первоначальное положение), нижние же болты, сделавшись через нагревание длиннее, дали возможность навинтить гайки еще более. При остывании они сблизили стены еще на один дюйм и тем опять ослабили верхний ряд болтов.

«Такая работа продолжалась часа два каждое утро, до тех пор, пока цель была достигнута – стены подтянуты; потом исправили и фундамент. На всю работу употреблено было менее половины выданной Мол ару суммы. Остальные пол-миллиона Наполеон подарил искусному инженеру и кроме того наградил орденом.

«Один ряд болтов был оставлен в стенах для воспоминания о способе поправки здания. Этот ряд существует и теперь и служит

доказательством того, каких счастливых результатов можно ожидать от разумного применения законов природы».

Греет ли снег?

Часто говорят: «снег греет землю». Верно ли это? Ведь снег – тот же лед, только в размельченном виде. Как же может лед греть?

Послушаем сначала, что говорит опыт. Зароем в землю на небольшую глубину два термометра: один – под почву, покрытую снегом, другой – под почву обнаженную. Мы убедимся, что тот градусник, который под снегом, покажет более высокую температуру. Разница в морозные дни бывает очень заметна. Например, при опытах, которые делались в парке Лесной академии (Санкт-Петербург), градусник, зарытый на 40 см в землю под снегом такой же толщины, показывал на 12° выше, чем градусник под землей без снега. А когда градусники помещались у самой поверхности земли, разница доходила в сильные морозы до 32°. Подобные

же опыты делались и под Москвой; здесь в 21-градус-ный мороз градусник под снегом показывал всего на пол градуса ниже нуля.

Значит, – как ни странно, – снег действительно греет землю. Нужно ли говорить, как важно это для земледелия? Ведь иначе семена озимого хлеба, не защищенные от морозов снежным покровом, погибли бы. Земледелец страшится бесснежной зимы и не сеет озимей в тех местах, где снега выпадает слишком мало. В Чите, например, где из-за недостатка снега нередко всю зиму ездят на колесах, сеют только ячмень, яровую рожь и пшеницу. В Восточной Сибири из-за малоснежья не разводят фруктовых деревьев, так как корни их вымерзли бы. А в других частях Сибири, где морозы не слабее, зато снега больше, сеют озими и разводят фруктовые сады.

От чего же зависит греющее действие снега? Не надо думать, что снег придает почве теплоту, как пламя примуса придает тепло воде или печка – воздуху. Снег не может сообщить другим вещам того тепла, которого в нем самом нет. Он греет почву лишь в том смысле, в каком шуба или одеяло греют наше тело. Если вы закутаете в шубу куклу, она нисколько не согреется. Лучший способ предохранить лед от таяния – завернуть его в шубу. Вы понимаете, в чем тут дело: шуба греет нас потому, что в нашем теле имеется теплота, которой шуба мешает уходить наружу. Снег тоже мешает теплоте, которая запасена почвой, уходить из нее. Когда поздней осенью почва поступает под снег, она еще заключает в себе немало теплоты из той, которая внесена была в

нее лучами летнего солнца. Снег не дает этой теплоте так быстро уходить, как из почвы обнаженной; оттого и наблюдается заметная разница температур, которая дает нам право говорить, что снег «греет» землю.

Что однако общего между снегом и шубой? Почему два столь разнородных материала обладают одинаковым свойством – слабо пропускать сквозь себя теплоту? Чтобы хорошенько в этом разобраться, надо знать, чему обязаны своим греющим действием наша одежда и стены наших домов. Многим покажется невероятным, что греющее действие одежды и стен жилища зависит не от их плотного материала, а от содержащегося в них… воздуха! Между тем это неоспоримо установленный факт.

Измерениями доказано, что твердое вещество шерсти проводит теплоту в 9 раз лучше, чем воздух, шелка – в 17 раз, льна и хлопка – в 27 раз. Это значит, что, если бы наша одежда была сильно спрессована и воздух из ее пор выгнан, она быстро передавала бы теплоту вашего тела наружу и вам было бы в ней холодно. В действительности же все ткани и материалы, из которых мы шьем одежду, заключают в своих порах очень много воздуха, – по объему гораздо больше, чем плотного вещества. Бумажная ткань состоит из воздуха наполовину, а шерсть и мех – на 90 %. Человек в шерстяной одежде или в мехах в сущности одет в воздух!

То же можно сказать и о стенах домов. Дерево содержит в своих порах воздух в количестве, составляющем 60–70 % объема древесины. В кирпиче меньше воздуха – всего 20 %; оттого стены кирпичных домов приходится делать значительно толще деревянных; ведь греющее их действие зависит только от воздуха, а не от древесины или глины. Что воздух чрезвычайно медленно проводит теплоту и потому отлично ограждает вещи от охлаждения, известно, вероятно, всем. Двойные рамы «греют» потому, что между ними замкнут слой воздуха.

Снег сходен с шерстью, мехом, деревом тем, что заключает в своих порах очень много воздуха. Из 10 л снега получается после таяния всего 1, много – 2 л воды; остальные 8 или 9 л объема снега составляет воздух в его порах. Значит, в снеге 80–90 % воздуха. Чем больше воздуха в снеге, т. е. чем он рыхлее, тем хуже проводит он теплоту и тем, следовательно, лучше предохраняет от охлаждения. Зависимость здесь такая: вдвое менее плотный снег проводит теплоту вчетверо хуже; втрое менее плотный – в 9 раз хуже и т. д.

Свежевыпавший снег, состоящий на $^{9}/_{10}$ из воздуха, в 6 раз лучше предохраняет от охлаждения, чем такой же толщины слой кирпичной кладки; в 2 раза лучше, чем сосновая стена, и даже

немного лучше, чем войлок. Вата отепляет всего вдвое лучше такого снега. Снег слежавшийся, вдвое более плотный, чем предыдущий, отепляет в 4 раза хуже свежевыпавшего, но все еще в $1\,{}^{1}/_{2}$ раза лучше кирпичной кладки.

– Однако, – скажет иной читатель, – если все дело в воздухе, то ведь он всегда прилегает к почве, всегда окружает наше тело, даже и тогда, когда нет снега, нет одежды. Почему же свободный воздух не греет, а такой же воздух, замкнутый в порах снега и одежды, греет?

Во-первых, и свободный воздух до некоторой степени греет, т. е. предохраняет от охлаждения. Почему нам тепло в натопленной комнате? Оттого, думаете, что теплота нагретого воздуха переходит в наше тело? Нет, такого перехода быть не может (разве лишь в бане), потому что наше тело теплее воздуха в комнате, а теплота переходит только от более нагретого тела к менее нагретому. В действительности теплый воздух в натопленной комнате, как плохой проводник, лишь замедляет отток теплоты из нашего тела; это и ощущается нами как согревание.

Но свободный воздух «греет» слабо, и вот почему: нагретые телом слои воздуха, более легкие, оттесняются вверх более тяжелыми, ненагретыми, и, непрерывно сменяясь, уносят теплоту нашего тела. Чтобы сделать воздух дурным проводником тепла, надо ослабить его подвижность, лишить его возможности перемешиваться. В таком состоянии и находится воздух в порах одежды и снега.

Итак, вот в чем состоит греющее действие снега на покрытую им землю: он не повышает температуры почвы, а только замедляет остывание земли, нагретой лучами летнего солнца.

Где устраивать форточку?

Где надо устраивать форточку: вверху окна или внизу?

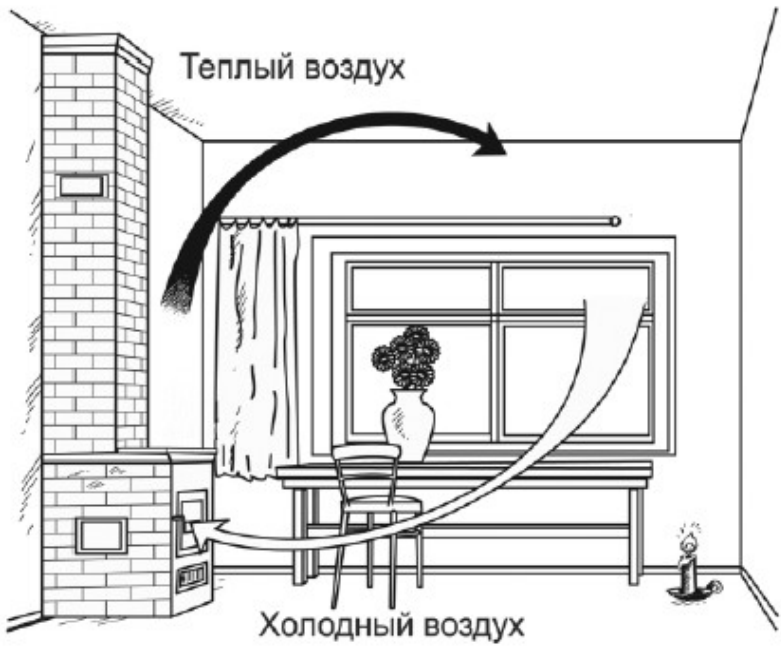


Рис. 79. Откуда воздух притекает, когда печь топится при открытой форточке?

Существуют квартиры, где форточки устроены внизу. Это, конечно, удобно: для их открывания и закрывания не приходится становиться на стул. Однако низкие форточки плохо выполняют свое назначение – вентилировать комнату. В самом деле: отчего происходит обмен наружного и комнатного воздуха через форточку? Оттого, что наружный воздух холоднее внутреннего и как более тяжелый вытесняет его. Но он заливает только ту часть помещения, которая лежит ниже форточки. Весь же тот воздух, который находится в комнате выше уровня форточки, не участвует в обмене, – он не вентилируется.

Как зимой проветривать комнаты?

Лучший способ проветривать комнату зимою состоит в том, чтобы в часы, когда топится печь, открывать форточку. Холодный и свежий наружный воздух будет тогда вытеснять теплый, более легкий воздух комнаты в печку, откуда через дымовую трубу комнатный воздух станет выходить наружу.

Не следует думать однако, что то же самое будет происходить и при закрытой форточке, так как наружный воздух станет тогда проникать в комнату через щели в стенах. Он, правда, просачивается в комнату, но не в достаточном количестве, чтобы поддерживать горение в печи. Поэтому, помимо воздуха с улицы, в комнату проникает также воздух через щели в полу и в квартирных перегородках – воздух зачастую из таких помещений, где он не может быть ни чистым, ни свежим.

Разница между притоком воздуха в том и в другом случаях наглядно показана на наших рисунках; течения воздуха обозначены на них стрелками (рис. 79).

Вертящаяся змейка

Сейчас мы упоминали о том, что теплый воздух вытесняется вверх.

Вот простой способ убедиться в этом.

Из почтовой карточки или из листа плотной бумаги вырежьте кружок величиной с отверстие стакана или немного больше. Прорежьте затем его ножницами по спиральной линии в виде свернувшейся змейки, кончик хвоста змеи наложите, – слегка надавив его сначала, чтобы сделать маленькую ямку в бумаге, – на острие вязальной спицы, воткнутой в пробку. Завитки змеи при этом опустятся, образуя нечто вроде спиральной лестницы.

«Змея» готова; можно приступить к опытам. Поместите ее около топящейся кухонной плиты: змея завертится тем проворнее, чем плита горячее. Вообще возле всякого горячего предмета – лампы, самовара – змея будет оживленно вращаться, без устали и остановки, пока предмет горяч. Хорошо вертится змея, если подвесить ее над керосиновой лампой.

Что же заставляет змею вертеться? То же, что вращает крылья ветряной мельницы: ток воздуха. Возле каждого нагретого предмета существует течение теплого воздуха, поднимающегося вверх. Происходит этот ток оттого, что при нагревании воздух, как и все тела (кроме ледяной воды), расширяется и, значит, становится реже, т. е. легче. Окружающий воздух, более холодный, а следовательно и более плотный, тяжелый, вытеснит его вверх, заступая его место, но, тотчас же сам нагревшись, разделяет его участь и вытесняется новой порцией более холодного воздуха. Таким образом каждый нагретый предмет порождает над собой восходящее течение воздуха, которое поддерживается все время, пока предмет теплее окружающего воздуха. Другими словами, от каждого нагретого предмета дует вверх незаметный теплый ветерок. Он-то и ударяет в витки нашей бумажной змейки и заставляет ее вертеться, как ветер вертит крылья мельницы.

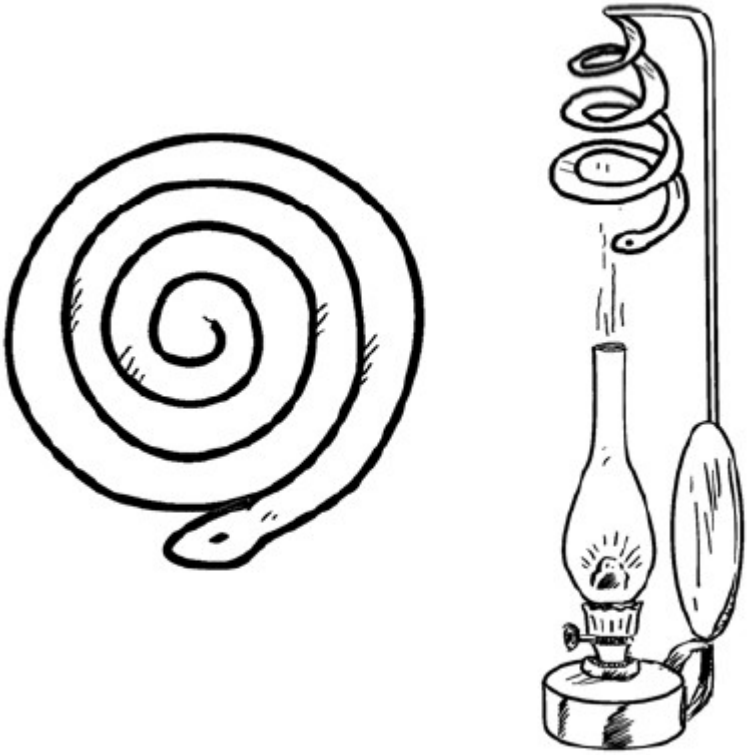


Рис. 80. Почему вертится бумажная змейка над лампой?

Вместо змеи можно заставить вращаться и бумажку иной формы, например в виде бабочки. Лучше вырезать ее из папиросной бумаги и, перевязав посредине, подвесить на очень тонкой ниточке или на волосе. Подвесьте такую бабочку над лампой, – она закружится, как живая. Бабочка отбросит на потолок свою тень, которая будет повторять в усиленном виде все движения бумажной бабочки. Человеку, не знающему, в чем дело, покажется, что в комнату залетела крупная черная бабочка и судорожно порхает под потолком.

С расширением воздуха от нагревания и с его восходящими теплыми течениями мы встречаемся положительно на каждом шагу Все знают, что в натопленной комнате самый теплый воздух скопляется у потолка, а самый холодный стекает к полу Оттого нам и кажется зачастую, что дует снизу в ноги, когда комната еще недостаточно нагрелась. Если приоткрыть дверь из теплой комнаты в прохладную, холодный воздух втекает снизу, а теплый вытекает вверху; пламя свечи возле двери укажет направление этих течений. Желая сохранить тепло в натопленной комнате, вы должны заботиться о том, чтобы через щель под дверью не втекал холодный воздух. Для этого достаточно прикрыть эту щель

ковриком или хотя бы даже просто газетным листом; теплый воздух, не вытесняемый снизу холодным, не сможет тогда выходить через верхние щели комнаты.

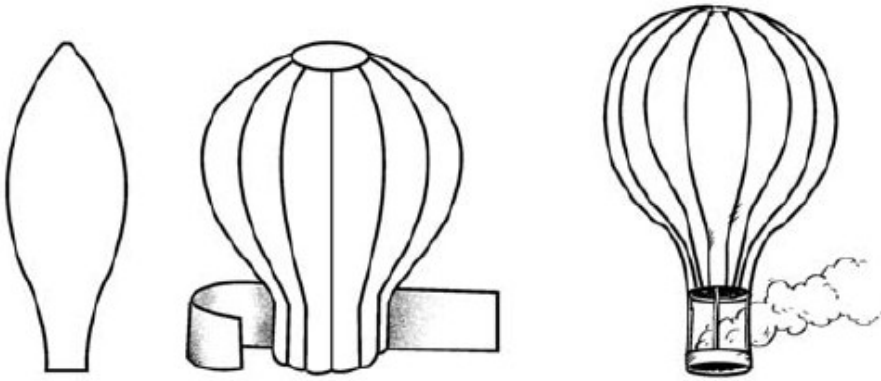


Рис. 81. Как изготовляется маленький воздушный шар из папиросной бумаги. Гондолой служит крышка от жестянки; в нее кладут смоченную спиртом ватку и поджигают; шар пускают, едва только пламя погаснет (но не ранее – иначе возможен пожар)

А что такое «тяга» в печи или в фабричной трубе, как не восходящий ток теплого воздуха? А бумажные воздушные шары, пускаемые во время гуляний, разве не оттого они поднимаются, что воздух, нагреваемый в них (от пропитанной спиртом зажженной ваты), легче окружающего холодного? Мы могли бы рассказать еще о теплых и холодных течениях в нашей атмосфере, о «пассатах», «муссонах», «бризах» и тому подобных ветрах, но это отвлекло бы нас слишком далеко. Расскажем только об одном – о том, как поднялся первый воздушный шар.

Первый воздушный шар

В наши дни воздушные шары (или, как часто их называют, аэростаты) поднимаются на высоту двух десятков километров и выше. Советские воздухоплаватели Федосеенко, Васенко и Усыскин поднялись, как уже было сказано, на шаре особого устройства до высоты 22 километров. Но когда был пущен первый воздушный шар, он поднялся только на 2 километра. Для людей того времени, впервые видевших подобное зрелище и никогда о нем не слыхавших, это было необычайной диковинкой. Первый воздушный шар был изготовлен и пущен двумя братьями-французами Монгольфье в 1783 г., боле двухсот лет назад. Послушаем, как рассказывает об этом событии один из очевидцев (профессор ботанического сада Фожа):

> «Велико было удивление публики, когда они увидели на площади шар в 35 метров в окружности, к нижнему концу которого была прикреплена большая деревянная рама. Его оболочка, вместе с рамой весила 250 килограммов и могла вместить 630 куб. метров газа. Когда изобретатели этой машины объявили, что она поднимется до облаков, лишь только будет наполнена газом, который они приготовят самым простым способом, то, несмотря на уважение к просвещенности и уму Монгольфье, это показалось присутствующим мало вероятным; даже наиболее образованные и наименее предубежденные люди решительно усомнились в успехе опыта.
>
> «Наконец Монгольфье приступают к делу. Они начинают с приготовления газа, который должен вызвать поднятие шара. Машина, которая представляла собою лишь полотняную оболочку, подклеенную бумагой, и имела вид гигантского мешка в 11 метров вышины, начинает надуваться и увеличиваться на глазах присутствующих, принимает красивую форму и стремится подняться вверх. Сильные руки удерживают ее в ожидании сигнала; когда же сигнал был подан, шар быстро поднимается в воздух. Ускоренно уносится он на высоту 1 800 метров в продолжение не более десяти минут. Затем он проходит 220 метров в горизонтальном направлении и, потеряв много газа, медленно спускается.

Рис. 82. Подъем первого воздушного шара братьев Монгольфье во Франции в 1783 г.

> «Без сомнения, шар продержался бы в воздухе значительно дольше, если бы было возможно внести в его устройство больше прочности. Но цель была достигнута, и этою первою попыткою, увенчавшеюся столь счастливым успехом, Монгольфье навсегда закрепили за собою славу одного из самых удивительных открытий».

Шар этот поднялся без людей. Спустя несколько месяцев состоялся и подъем первых живых «пассажиров»: это были курица, утка и баран.

Вы уже знаете, что в наше время шары наполняются не нагретым воздухом, а другими газами, которые сами по себе, даже и не будучи нагреты, легче воздуха.

Полет первого воздушного шара в России состоялся в Москве уже спустя год после сейчас описанного французского подъема, весной 1784 г. Московская газета того времени писала:

«Воздушный шар начал подниматься пополудни в 1-м часу между 20 и 25 минутами и менее нежели в 5 минут взошел выше 500 сажен (1 000 метров) и продолжал хождение свое так, что в 2 $^{1}/_{2}$ часа видели его весьма малым и можно было заключить, что он отстоял от земли на 1 500 сажен (3 километра). Он упал перед захождением солнца в 7 часов, от Москвы за 27 верст по Калужской дороге».

Какие дрова выгоднее?

Самыми «жаркими» дровами принято считать березовые; за кубометр березовых дров охотно платят поэтому дороже, чем за кубометр дров других пород. Правильно ли это?

Безусловно верно то, что березовое полено дает при сгорании больше теплоты, чем такой же величины полено сосновое или осиновое. Но если станем сравнивать количество тепла, получаемого не от кусков одинаковой величины, а от кусков одинакового веса, то выйдет совсем другое. Окажется, что килограмм древесины, безразлично какой породы, дает всегда одно и то же примерно количество тепла. Так как березовая древесина заметно тяжелее сосновой, еловой или осиновой (при одинаковой степени сухости), то понятно, почему мы считаем березу «жарче» сосны, ели и осины. Кубический метр березовых дров должен давать во столько раз больше тепла, чем осиновые, во сколько раз береза тяжелее осины. Если знать, сколько весят кубический метр дров различных пород, то нетрудно рассчитать, сколько именно стоит переплачивать на березе по сравнению с дровами других пород. Вот вес кубометра сухих дров трех пород:

Березы…….. 500 кг
Ели…….. 400 кг
Осины…… 360 кг

Березовые дрова тяжелее еловых на 20 %. За березовые дрова выгодно поэтому переплачивать 20 % по сравнению с елью, но никак не больше. Покупая дрова при наличии выбора, надо всегда соображать, отвечает ли соотношение цен соотношению весов, и в зависимости от этого решать, какую породу выгоднее купить для отопления.

Лед в бутылке

Легко ли зимой получить бутылку льда?

Казалось бы, что может быть легче: налить воду в бутылку, выставить за окно и остальное предоставить морозу. Холод заморозит воду, и получится бутылка, полная льда.

Рис. 83. Замерзая в бутылке, вода разрывает ее. Почему?

Однако, если вы выполните этот опыт, то убедитесь, что дело не так просто. Лед-то получается, но бутылки уже не оказывается: она раскалывается под напором замерзающего льда. Происходит это оттого, что вода, замерзая, заметно увеличивается в объеме, примерно на десятую долю. Расширение происходит с такою силою, что не только закупоренные бутылки лопаются, но даже и у открытых бутылок откалывается горлышко от напора расширяющегося под ним льда; вода, замерзшая в горлышке, превращается словно в ледяную пробку, закупоривающую остальную часть жидкости.

Сила расширения замерзающей воды может разрывать не только стеклянные стенки посуды. Ей уступает даже железо. Вода на морозе разрывает 5-сантиметровые стенки железной бомбы. Неудивительно, что часто разрываются водопроводные трубы, когда в них замерзает вода.

Расширением воды при замерзании объясняется и то, что лед

на воде плавает, а не падает на дно. Если бы вода при затвердевании сжималась, как почти все другие жидкости, то лед, образовавшись в воде, не плавал бы на ее поверхности, а тонул. И тогда мы лишились бы тех услуг, которые доставляет нам каждую зиму,

… Батюшка – мороз
Наш природный, наш дешевый
Пароход и паровоз.

Перерезать, оставив целым

Вы, вероятно, слыхали, что куски льда под давлением «смерзаются». Это не значит, что они замерзают еще сильнее, когда на них давят. Как раз наоборот: при сильном давлении лед тает, но едва образовавшаяся при этом холодная вода освобождается от давления, она снова замерзает (потому что температура ее ниже нуля градусов). Когда мы сдавливаем куски льда, происходит следующее. Концы тех выступающих частей, которые соприкасаются между собой и подвергаются сильнейшему давлению, тают, образуя воду при температуре ниже нуля. Вода эта уходит в стороны, в мелкие пустые промежутки между выступами; не испытывая там повышенного давления, она тотчас же замерзает, спаивая таким образом осколки льда в один сплошной кусок.

Проверить сказанное вы можете на красивом опыте. Выберите ледяной брусок, обоприте его концы на край двух табуретов, стульев или каким-нибудь другим способом.

Поперек бруска перекиньте петлю из тонкой стальной проволоки сантиметров в 80 длины, толщиной в полмиллиметра. К концу проволоки привесьте пару утюгов или какую-нибудь другую тяжелую вещь, весом килограммов 5—10. Под давлением груза проволока врежется в лед, медленно пройдет через весь брусок, но… брусок не распадется. Берите его смело в руки: он совершенно цел и крепок, словно его и не разрезали.

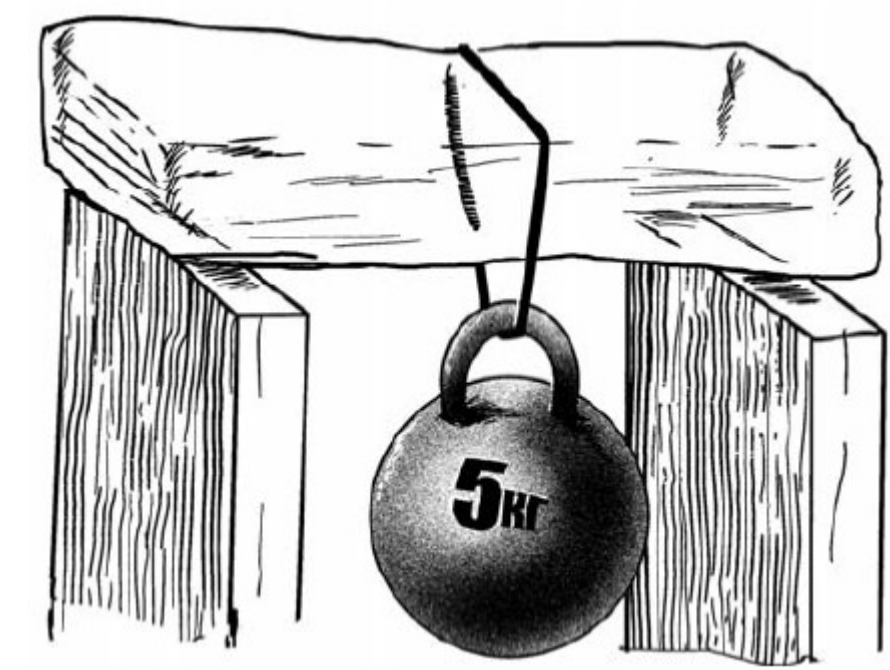


Рис. 84. Лед под сильным давлением тает даже на морозе

После сказанного раньше о смерзании льда вы поймете, в чем разгадка этого странного явления. Под давлением проволоки лед таял, но вода, перейдя поверх проволоки и освободившись там от давления, тотчас замерзала. Короче сказать, пока проволока резала нижние слои, верхние снова смерзались.

Лед – единственное вещество в природе, с которым можно сделать подобный опыт. Оттого-то по льду можно ездить на санях и кататься на коньках. Когда конькобежец опирается весом своего тела на коньки, лед под этим давлением тает (если мороз не слишком силен), и конек скользит; но, переходя на другое место, конек и здесь вызывает таяние. Куда ни ступит нога конькобежца, всюду она превращает тонкий слой льда под сталью конька в воду, которая, освободившись от давления, вновь замерзает. Поэтому, хотя лед в мороз и сух, но под коньками он всегда смазан водой. В этом и причина его скользкости.

Почему поет самовар?

Отчего происходит певучий звук, который издает самовар, перед тем как вода в нем закипит?

Вода, непосредственно прилегающая к трубе самовара, превращается в пар, который образует в воде небольшие пузырьки. Как более легкие, пузырьки эти вытесняются окружающей водой вверх. Здесь они попадают в воду, температура которой ниже 100°. Пар в пузырьках охлаждается, сжимается, и стенки пузырьков под давлением окружающей воды смыкаются. Итак, перед началом кипения пузырьки, все более и более многочисленные, поднимаются вверх, но ее доходят до уровня воды, а с легким треском смыкаются по пути.

От этих-то многочисленных потрескиваний и происходит шум, который мы слышим перед закипанием. Английский физик У. Браг сравнивает щелканье смыкающихся стенок пузырька с ударом двух кусков стали, «а потому, – пишет он, – в чайнике (самоваров в Англии нет) поднимается шум, похожий на непрерывно следующие друг за другом удары крошечного молота: ведь эти удары передаются водой металлическим стенкам, да и у самих стенок происходят такие же удары».

Когда же вся вода в самоваре или в чайнике нагреется до температуры кипения, пузырьки перестают смыкаться, проходя через толщу воды, и «пение» прекращается. Едва однако самовар начнет остывать, условия для возникновения звуков появляются опять, и пение возобновляется.

Вот почему самовары и чайники поют только перед закипанием и при остывании; кипящий же самовар никогда не издает этого певучего звука.

Можно ли увидеть пар?

Вы уверены, конечно, что видели водяной пар уже много раз, видите его ежедневно. Между тем, видеть водяной пар совершенно невозможно, как нельзя видеть воздух. Дело в том, что пар, настоящий пар, прозрачен и невидим. Тот белый дымок, который вырывается из носика чайника, или те белые клубы, которые выпускает паровоз, – вовсе не пар в строгом смысле слова, хотя его так называют в обиходе. Это туман, а не пар. Чем отличается туман от пара? Пар – газ прозрачный и невидимый; туман же – газ, сгустившийся в мельчайшие водяные капельки, которые, как пылинки, парят в воздухе и, как пыль же, делают его непрозрачным. Туман белого цвета по той же причине, по какой бел снег: всякое мелкое, раздробленное прозрачное вещество (в снеге – лед, в тумане – вода) имеет белый цвет.

Итак, тот пар, которым мы пользуемся в технике как источником энергии, совершенно невидим, – все равно, будет ли это пар «насыщенный» (т. е. не могущий уже при своей температуре заключать больше влаги в отведенном ему пространстве) или «перегретый». Если вы желаете в этом убедиться, взгляните в кочегарке на водомерное стекло – трубку, показывающую уровень воды в паровом котле. Вы увидите в трубке воду, но над водой не заметите ничего. А между тем всю верхнюю часть трубки над уровнем воды занимает пар – тот самый пар, горячий и сжатый, который образуется в котле и работает в паровом цилиндре. Если бы вы могли проникнуть взглядом в паровой цилиндр, то увидели бы странную, неожиданную картину: поршень быстро снует вперед и назад, а того пара, который его толкает и является источником работы всей машины, совершенно не видно.

Энергия водяного пара

Невидимый пар скрывает в себе огромные запасы энергии. И не только тот пар, который добывается под усиленным давлением в паровом котле, но даже и обыкновенный пар, образующийся при кипении чайника. Откуда эта энергия берется? Мы сами заряжаем пар энергией, когда кипятим воду на огне: переводим энергию огня в воду, а затем и в пар. Займемся арифметикой нагревания и кипячения воды; мы лучше поймем тогда, что здесь происходит.

Нагревая килограмм воды на один градус (стоградусного термометра), мы затрачиваем порцию тепла, которая называется «калорией». Когда же эта порция теплоты, калория, превращается полностью в механическую работу, получается запас энергии, достаточный для подъема килограммовой гири на высоту 427 м.

Зная это, вы можете точнее оценить, сколько энергии сообщили одному стакану воды, нагрев его до кипения. Если первоначальная температура воды была, скажем, 10°, а теперь 100°, то нагревать пришлось на 90°, весит же стакан воды $^1/_4$ кг. Значит, на нагревание пошло 90 раз по четверти калории, т. е. $22^1/_2$ калории. Превращенное в механическую работу, это количество тепла достаточно для поднятия груза в 22 $^1/_2$ кг на высоту 427 м, или – что то же самое – полутонны на крышу пятиэтажного дома. Вот сколько энергии кроется в одном стакане горячего чая!

Но запас этот еще очень скромен по сравнению с энергией пара. Дело в том, что для превращения воды в пар недостаточно нагреть ее до 100°. Если бы было так, если бы вода, доведенная до 100°, сразу превращалась в пар, никогда не пришлось бы нам пить горячего чая: вся вода в самоваре, нагретая до 100°, мгновенно превращалась бы в пар; самовар разрывался бы, как бомба. Ничего подобного, к счастью, не наблюдается: вода при 100° превращается в пар постепенно и только до тех пор, пока продолжается приток тепла. Эта дополнительная теплота, которую надо подводить к воде, уже нагретой до 100°, чтобы превратить ее в пар (тоже 100-градусный), называется «скрытой теплотой кипения». Она целиком расходуется на внутреннюю работу превращения жидкой воды в пар той же температуры. Скрытой теплоты требуется очень много: для полного превращения 1 кг воды при 100° в пар тоже 100° надо сообщить воде 536 калорий – вшестеро больше, чем нужно «явной» теплоты для нагревания того же килограмма воды от 10 до 100°. Вот почему пар заключает в себе гораздо больший запас энергии, чем вода при той же температуре (100°).

Обратимся опять к подсчету. У вас стоит на огне чайник с двумя литрами воды; чайник кипел так долго, что вся вода выкипела, превратилась в пар. Какой запас энергии сообщен этому пару? Два литра воды весят 2 кг. Составим счет тепловых расходов.

На нагревание 2 кг воды от 10° до 100°…. 180 кал.
На превращение в пар 2 кг воды при 100°
(по 536 калорий на 1 кг)……. 1 072 кал.

_____

Итого…….. 1 252 кал.

Переведем этот запас тепла в механическую работу. Получим 427 × 1 252, т. е. около 535 тыс. килограммометров. Таким количеством энергии можно поднять целый каменный дом на высоту нескольких этажей.

Неудивительно, что энергия пара движет тяжелые поезда и огромные пароходы, приводит в действие многочисленные станки целого завода, а в случае катастрофы разносит вдребезги паровой котел и рушит каменные стены.

Невидимый богатырь в стакане чая

Стакан чая был горяч, а теперь остыл. Теплота вышла из него и рассеялась кругом. Вы и не подозреваете, какой могучий богатырь вышел вместе с теплотой из этого чая. Он невидим, этот богатырь, но о его могуществе вам может рассказать несложный расчет.

В нашем стакане было примерно четверть килограмма горячей воды; значит, при остывании на каждый градус она теряла четверть калории. А так как чай остыл с 100° до 20° (от температуры кипения до комнатной), т. е. на 80°, то всего чай потерял $^1/_4 \times 80 = 20$ калорий.

Двадцатью калориями можно сделать очень много, если превратить всю эту теплоту в механическую работу. Одна калория, превращаясь полностью в работу, могла бы поднять груз в 1 кг на высоту 427 м, округляя – на 430 м. Значит, та теплота, которая вышла из нашего чая (20 калорий), могла бы поднять на 430 м 20 кг, или на 1 м огромный груз – 8 600 кг. Такую же работу совершает молотобоец, делая 400 ударов, или огромный 5-тонный паровой молот, падающий с высоты человеческого роста! Разве не богатырская мощь скрывается в стакане горячего чая?

Вот еще более поразительное сопоставление. Та же самая энергия заключается в 20 ружейных пулях, летящих со скоростью 700 м в секунду. Залп из 20 винтовок – вот мощь, скрытая в стакане горячего чая!

Можно было бы заставить этого богатыря выполнять и другую работу, например, светить в электрической лампочке. Тогда он сможет в течение целого часа посылать вам свет 25-ваттной лампочки. Это тоже очень почтенная работа!

Не так-то просто однако заставить этого богатыря работать нам на пользу. Теплоту вообще трудно превратить в механическую работу; человеческой изобретательности удается заставить теплоту выполнять только часть – меньшую часть – той механической работы, на которую она способна.

Что такое желтый уголь?

Путешествующие по Калифорнии (Америка) могут заметить на крышах многих домов ящики, похожие с виду на дымовые трубы, но никогда не выпускающие из себя дыма. Это не что иное, как баки теплой воды, запасаемой для хозяйства – для стирки, мытья посуды, умыванья и т. п. На первый взгляд в этом ничего необычного нет: бак ставят на крышу, потому что оттуда, сверху, легко подводить по трубам воду к любому месту дома. Замечательно здесь не это, а то, как вода нагревается. Жители не расходуют на нагревание этой воды ни угля, ни дров, ни керосина, ни электрического тока, а возлагают работу нагревания всецело на Солнце. На крыше устроен плоский трубчатый котел, трубы которого, заключающие воду, подвергаются действию солнечных лучей. Нагретая вода, как более легкая, скопляется в баке, который помещен выше труб. Получается, правда, не кипяток, а вода 40–60°, вполне однако пригодная для многих хозяйственных надобностей.

Перед нами пример того, как можно заставить Солнце работать непосредственно на пользу человека. В сущности Солнце и без того работает нам на пользу, работает давно, – с тех пор как существует человек. Солнце – почти единственный источник всего тепла и всей работы, какой мы пользуемся. Не думайте, что когда машина работает у нас на угле, на нефти, на дровах или даже от падающей воды, то мы обходимся без Солнца. Ведь уголь не что иное, как остатки растений, а образование горючих составных частей в растениях происходит не иначе, как при участии солнечных лучей. Та теплота, которую дерево или уголь развивают в топке машины, есть солнечная энергия, раньше накопленная растениями и теперь освобождающаяся. Мускульная работа – тоже видоизмененная энергия Солнца, почерпнутая нами (или животными, которыми мы питаемся) из растений. Водные массы водопада подняты были на высоту также Солнцем, его лучами.

Итак, каждый двигатель, работающий на угле, есть в сущности двигатель солнечный. Но каменный уголь приходится извлекать из недр земли с немалой затратой труда.

Нельзя ли миновать дорогое посредничество угля и получить энергию прямо от солнца, по крайней мере, в тех странах, где небо ясно и солнце жарко греет? В странах капиталистических это привело бы, правда, лишь к увеличению безработицы и углублению хозяйственного кризиса. Зато в условиях нашего социалистического хозяйства последствия «желтого угля» (так

называют энергию солнечных лучей) были бы совсем иные: освободилась бы огромная армия шахтеров и приложила бы свой труд в других отраслях социалистической промышленности.

Но возможно ли это? Теоретически это легко осуществимо. В южных странах каждый квадратный метр земной поверхности получает за день от солнца столько теплоты, что, превращенная в механическую работу, она могла бы дать около двух лошадиных сил. Однако превращение тепла в механическую работу на практике связано с большими потерями, поэтому удается получить лишь десятую долю той энергии, которую обещает теория. До сих пор попытки заставить солнце нагревать котел паровой машины оказывались поэтому мало выгодными. Установка обходилась дорого, уход также стоил немало, и польза оказывалась недостаточной для оправдания расходов. Лошадиная сила, полученная от солнца, обходилась дороже, чем извлеченная из угля.

Другое дело – использование солнечных лучей не для приведения машин в движение, а для надобностей нагревания. Здесь польза солнечных установок должна оправдываться не только теоретически, но и практически. В знойных частях нашего Туркестана, где в течение теплой половины года небо безоблачно, солнечные нагреватели должны быть особенно полезны. Такие установки есть в Ташкенте, в Самарканде, на нефтяных промыслах острова Челекена (Каспийское море). Вот полезные в народном хозяйстве источники энергии:

«белый уголь» – энергия падающей воды;

«желтый уголь» – энергия солнечных лучей; «голубой уголь» – энергия ветра;

«синий уголь» – энергия морского прибоя и морских приливов;

«серый уголь» – энергия морского магнетизма.

В значительной мере также и эти источники энергии обусловлены солнцем. Ветер – результат неодинакового нагревания солнцем различных масс воздуха; морской прибой – следствие ветра. И только приливы и земной магнетизм не целиком зависят от солнца[19].

Глава пятая В мире звуков

Скорость звука

Случалось ли вам наблюдать издали за дровосеком, рубящим дерево? Или, быть может, вы следили за тем, как вдали работает плотник, вколачивая гвозди? Вы могли заметить при этом очень странную вещь: удар раздается не тогда, когда топор врезается в дерево или когда молот ударяет по гвоздю, а позже, когда топор или молот уже поднят прочь.

Это подметили еще в древности. В поэме Лукреция «О природе вещей», которую мы упоминали уже раньше, имеются следующие строки:

> «…Если ты издали смотришь на человека, рубящего дерево острым орудием, то еще раньше ты видишь удары, чем к слуху удары звуки доносят. Вот так же и молнию видим мы раньше, нежели гром слышим, хотя одновременно с молнией он возникает от тех же толчков и по той же причине».

Когда вам придется наблюдать это явление, отойдите на некоторое расстояние назад или продвиньтесь вперед. После ряда проб вы найдете такое место, куда звуки ударов топора или молота доносятся как раз в момент видимого удара. Возвратитесь тогда на прежнее место и снова заметите несовпадение звуков с ударами.

Лукреций правильно указал причину этих загадочных явлений. Звук требует некоторого времени, чтобы от места своего возникновения пройти до вашего уха; свет же пробегает это расстояние почти мгновенно. И может случиться, что, пока звук странствует через воздух к вашему уху, топор или молот успели уже подняться для нового удара. Тогда глаз увидит не то, что слышит ухо; вам покажется, что звук совпадает не с опусканием, а с поднятием инструмента. Но если вы отойдете назад или продвинетесь вперед на такое расстояние, которое пробегается звуком за время одного взмаха топора, то к моменту, когда звук дойдет до вашего уха, топор снова успеет опуститься. Тогда, конечно, вы увидите и услышите удар одновременно, но только это разные удары: вы видите последний удар, но слышите удар прошлый – предпоследний или еще более ранний.

Сколько же пробегает звук в воздухе за одну секунду времени? Это в точности измерено: круглым счетом около $^1/_3$ км – 330 м. Каждый километр звук проходит в три секунды, и если дровосек взмахивает топором дважды в секунду, то вам

достаточно находиться в расстоянии полутораста метров, чтобы звук топора совпадал с его поднятием. Свет же пробегает в воздухе каждую секунду почти в миллион раз больше, нежели звук. Вы понимаете, конечно, что для всех расстояний на Земле мы можем поэтому смело считать скорость света мгновенною.

Передача звука

Не надо думать, что звук передается только через воздух. Он может проходить и через другие вещества – газообразные, жидкие, даже твердые. В воде звук бежит в четыре с лишком раза быстрее, чем в воздухе.

Если вы сомневаетесь, что звук может передаваться через воду, расспросите рабочих, которым приходится бывать в подводных сооружениях: они подтвердят вам, что под водой отчетливо слышны береговые звуки.

А от рыбаков вы узнаете, что рыбы разбегаются при малейшем подозрительном шуме на берегу.

Ученые еще 200 лет назад в точности измерили, с какою скоростью бежит звук под водою. Сделано это было на одном из швейцарских озер – на Женевском. Два физика сели в лодки и разъехались километра на три один от другого. С борта одной лодки свешивался под воду колокол, в который можно было ударять молотком с длинной ручкой. Ручка эта была соединена с приспособлением для зажигания пороха в маленькой мортире, укрепленной на носу лодки: одновременно с ударом в колокол вспыхивал порох, и яркая вспышка видна была далеко кругом. Мог видеть эту вспышку, конечно, и тот физик, который сидел в другой лодке и слушал звук колокола в трубу, спущенную под воду. По запозданию звука в сравнении со вспышкой определялось, сколько секунд бежал звук по воде от одной лодки до другой. Такими опытами найдено было, что звук в воде пробегает около 1 440 м в секунду.

Еще лучше и быстрее передают звук твердые упругие материалы, например, чугун, дерево, кости. Приставьте ухо к торцу длинного деревянного бруса или бревна и попросите товарища ударить палочкой по противоположному концу, вы услышите гулкий звук удара, переданный через всю длину бруса. Если кругом достаточно тихо и не мешают посторонние шумы, то удается даже слышать через брус тиканье часов, приставленных к противоположному концу. Так же хорошо передается звук через железные рельсы или балки, через чугунные трубы, через почву. Приложив ухо к земле, можно расслышать топот лошадиных ног задолго до того, как он донесется по воздуху; а звуки пушечных выстрелов слышны этим способом от таких отдаленных орудий, грохот которых по воздуху совсем не доносится. Так хорошо передают звук упругие твердые материалы; мягкие же ткани, рыхлые, неупругие материалы очень плохо передают через себя звук, – они его «поглощают». Вот почему вешают толстые

занавески на дверях, если хотят, чтобы звук не достигал соседней комнаты. Ковры, мягкая мебель, платье действуют на звук подобным же образом.

Мнимый колокол

В числе материалов, хорошо передающих звуки, сейчас упомянуты были кости. Хотите убедиться, что кости вашего собственного черепа обладают этим свойством? Захватите зубами колечко карманных часов и зажмите руками уши; вы отчетливо услышите мерные удары балансира, заметно более громкие, нежели тиканье, воспринимаемое ухом через воздух. Эти звуки доходят до вашего уха через кости головы.

Вот еще забавный опыт, доказывающий хорошую передачу звуков через кости черепа. Привяжите к середине бечевки столовую ложку так, чтобы бечевка имела два свободных конца. Концы эти прижмите пальцами к закрытым ушам и, подавшись корпусом вперед, чтобы ложка могла свободно раскачиваться, ударьте ею о что-нибудь твердое. Вы услышите низкий гул, словно возле самого вашего уха раздается колокольный звон.

Еще лучше удается опыт, если вместо ложки взять кочергу или тяжелые щипцы для углей.

Сила звука

Как ослабевает звук с расстоянием? Физик ответит вам, что звук ослабевает «обратно пропорционально квадрату расстояния». Это означает следующее: чтобы звук колокольчика на тройном расстоянии был слышен так же громко, как на одинарном, нужно одновременно звонить в 9 колокольчиков; на 4-кратном расстоянии – в 16 колокольчиков и т. д.

Теперь вы поймете, между прочим, почему легкий шепот соседа так сильно мешает нам слушать речь оратора на далекой эстраде или слова артиста на отдаленной сцене. Предположим, что оратор или артист находятся от вас в 15 м, а голова соседа – в 30 см от вашего уха. Голос оратора достигает до вас с расстояния в 1 500: 30, т. е. в 50 раз большего, чем шепот соседа. И значит, если даже шепот в 50 $\times$ 50, т. е. в 2 500 раз слабее голоса оратора на равном расстоянии, для вас он будет не менее громок. Вот почему сосед своим «тихим» разговором всегда заглушает для вас голос, доходящий со сцены или эстрады.

По той же причине так важно, чтобы ученики в классе не разговаривали между собою и вообще соблюдали полную тишину во время объяснения учителя; разговаривающие мешают не столько учителю, сколько соседям, заглушая для них его слова.

Кто громче?

Если вы хорошо поняли закон ослабления звука, ответьте на вопрос:

Какая группа младенцев сильнее оглушает стоящего между ними человека: два младенца на расстояния 2 мот его уха или три младенца на расстоянии Зм?

Правильный ответ: сильнее оглушают два младенца. В самом деле: их крик на расстоянии 2 м ослабевает в 4 раза по сравнению с громкостью на расстоянии 1 м. Следовательно, до уха слушателя доносится звук в $^2/_4$, т. е. вдвое слабее, чем крик одного младенца на расстоянии 1 м. От группы же трех младенцев звук доходит ослабленным в 9 раз по сравнению с его силою на расстоянии 1 м; следовательно, сила звука с этой стороны составляет $^3/_9$, или одну треть силы крика одного младенца на расстоянии 1 м. Значит, крик двоих доносится громче крика троих

$$\frac{1}{2} : \frac{1}{3} = 1\frac{1}{2},$$

в полтора раза.

Эхо

Когда произведенный нами звук, отразившись от стены или другой преграды, возвращается и вновь достигает нашего уха, мы слышим эхо. Оно может быть отчетливо лишь тогда, если между возникновением звука и его возвращением проходит не слишком мало времени. Иначе отраженный звук сольется с первоначальным и усилит его, тогда звук «отдается», например, в больших пустых комнатах.

Вообразите, что вы стоите на открытом месте, а прямо перед вами, в 33 м, возвышается дом. Хлопните в ладоши: звук пробежит 83 м до дома, отразится от его стен и вернется обратно. Через сколько времени? Так как он прошел 33 м туда и столько же обратно, т. е. всего 66 м, то он вернется через 66: 330, т. е. через $^1/_5$ секунды. Наш отрывистый звук был настолько короток, что успел прекратиться меньше чем в $^1/_5$ секунды, т. е. прежде чем пришло эхо; оба звука не слились, они слышны были раздельно. Каждое односложное слово – «да», «нет» – мы произносим примерно в пятую долю секунды; поэтому односложное эхо мы слышим, уже находясь на расстоянии 33 м от преграды. Эхо же двусложного слова, при таком расстоянии, сливается с звуком слова, усиливая его и делая неясным; отдельно мы его не слышим.

На каком же расстоянии должна быть преграда, чтобы можно было отчетливо слышать двусложное эхо, например от слов «ура», «ого»? Произнесение таких слов длится $^2/_5$ секунды; за это время звук должен успеть пройти до преграды и обратно, т. е. двойное расстояние до преграды. Но в $^2/_5$ секунды звук проходит

$$330 \times \frac{2}{5} = \text{около } 132 \text{ м.}$$

Половина этого, 66 м, и есть наименьшее расстояние до преграды, могущей породить двусложное эхо.

Теперь вы уже сами рассчитаете, что для трехсложного эха требуется расстояние в сотню метров.

Глава шестая Свет и глаз

Страшная тень

– Хочешь увидеть нечто необычайное? – как-то вечером обратился ко мне в детстве старший брат. – Пойдем со мной в соседнюю комнату.

Комната была темная. Брат взял свечу, и мы пошли. Отважно шагал я впереди, смело открыл дверь и храбро вступил первым в комнату. Но тут я застыл; со стены глядело какое-то нелепое чудовище. Плоское, как тень, оно пялило на меня свои глаза.

Признаюсь, я изрядно струсил. И, наверное, кинулся бы бежать, если бы сзади не раздался смех брата.

Оглянувшись, я понял, в чем дело: висевшее на стене зеркало было сплошь закрыто бумажным листом с вырезанными в нем глазами, носом и ртом; брат направлял на него свет свечи так, чтобы отражение этих участков зеркала попадало как раз на мою тень.

Вышел немалый конфуз: я испугался собственной тени! Когда потом я пробовал сыграть ту же шутку с товарищами, я убедился, что расположить зеркало нужным образом не так-то просто. Немало пришлось упражняться, прежде чем я овладел этим искусством. Лучи света отражаются от зеркала по определенным правилам, а именно так, что угол, под каким они встречают зеркало, равен тому углу, под каким они от него отражаются. Когда я узнал это правило, мне уже легко было сообразить, как надо поместить свечу относительно зеркала, чтобы светлые пятна упали как раз в требуемые места тени.

Как измерить силу света?

На двойном расстоянии свеча светит, разумеется, слабее. Но во сколько раз? В два? Нет, не в два: если вы поставите на двойном расстоянии две свечи, они не дадут прежнего освещения. Чтобы получить такое освещение, надо на двойном расстоянии поставить не две, а дважды две – четыре свечи. На тройном расстоянии придется поставить не три, а трижды три, т. е. девять свечей, и т. д. Это показывает, что на двойном расстоянии сила освещения ослабевает в 4 (2×2, или 2^2) раза, на тройном – в 9 (3×3, или 3^2) раз, на четвертном – в 4×4 (или 4^2), т. е. в 16 раз, на 5-кратном – в 5×5 (или 5^2), т. е. в 25 раз, и т. д. Таков закон ослабления света с расстоянием. Мы уже знаем, что таков же и закон ослабления звука: звуки ослабевают на 6-кратном расстоянии не в 6, а в 36 раз.

Зная этот закон, мы можем воспользоваться им, чтобы сравнить между собою яркость двух ламп, вообще двух источников света различной силы. Вы желаете, например, узнать, во сколько раз ваша керосиновая лампа светит сильнее простой свечки; другими словами, хотите определить, сколькими обыкновенными свечами нужно было бы эту лампу заменить, чтобы получить такое же освещение.

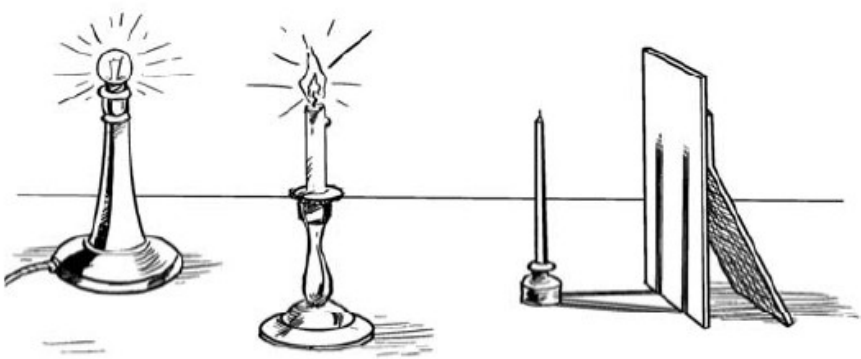


Рис. 85. Первый способ измерить силу света

Для этого вы располагаете лампу и зажженную свечу на одном конце стола, а на другом ставите отвесно (зажав, например, между страницами книги) лист белого картона. Недалеко от него, впереди, устанавливаете, также отвесно, какую-нибудь палочку, например карандаш. Он отбрасывает на картон две тени: одну – от лампы, другую – от свечи. Густота этих теней, вообще говоря, различна, потому что обе освещены: одна – яркой

лампой, другая – тусклой свечой. Приближая свечу, вы можете достигнуть того, что обе тени сравняются в густоте. Это будет означать, что сейчас сила освещения лампы как раз равна силе освещения свечи. Однако лампа находится дальше от освещаемого ею картона, нежели свеча; измерьте, во сколько раз она дальше, и вы сможете определить, во сколько раз лампа ярче свечи. Если, например, лампа в 3 раза дальше от картона, чем свеча, то яркость ее в 3×3 (или 3^2), т. е. в 9 раз больше яркости свечи. Почему так – легко понять, если вспомнить закон ослабления света.

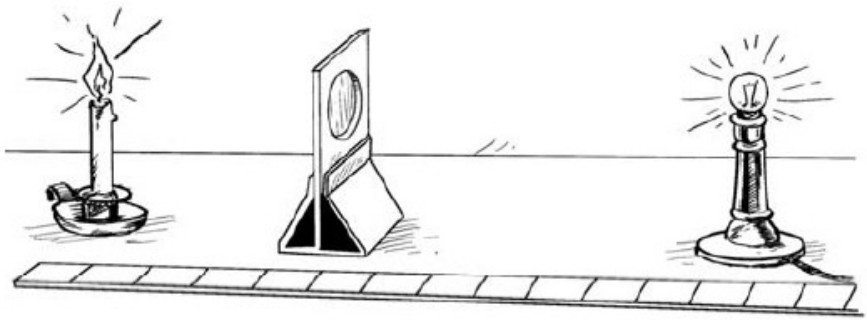


Рис. 86. Второй способ измерить силу света

Другой способ сравнить силу света двух источников состоит в том, что пользуются масляным пятном на бумаге. Такое пятно кажется светлым, если освещено сзади, и темным, если освещено спереди. Но можно расположить сравниваемые источники по обе стороны пятна на таких расстояниях, что пятно кажется освещенным с обеих сторон одинаково. Тогда остается лишь измерить расстояния источников от пятна и сделать те вычисления, которые мы предлагали в предыдущем случае.

Вниз головой

Когда Иван Иванович еще до ссоры с Иваном Никифоровичем пришел в гости к своему приятелю (мы говорим, конечно, о героях известной повести Гоголя), он стал свидетелем любопытного физического явления: «Комната, в которую вступил Иван Иванович, была совершенно темна, потому что ставни были закрыты, и солнечный луч, проходя в дыру, сделанную в ставне, принял радужный цвет и, ударяясь в противоположную стену, рисовал на ней пестрый ландшафт из очеретянных крыш, дерев и развешенного на дворе платья, – все только в обращенном виде».

Возможно, что и вам случалось наблюдать описанное явление. Во всяком случае, если в вашей квартире или в квартире вашего товарища имеется окно со ставнями на солнечную сторону, то вы легко можете превратить ее в физический прибор, который носит старинное латинское название «камера-обскура» (по-русски это означает «темная комната»). Вам понадобится только просверлить в ставне небольшое отверстие, которое, если сделать его аккуратно, не испортит ее. Закрыв в солнечный день ставни и двери комнаты, чтобы было темно, вы помещаете против отверстия, на некотором расстоянии, простыню: это ваш «экран». На нем тотчас же появится уменьшенное изображение всего того, что можно видеть из комнаты, глядя в просверленное отверстие. Дома, деревья, животные, люди появятся на экране в натуральных цветах, но в перевернутом виде: дома – вниз крышей, люди и животные – вниз головой и т. п.

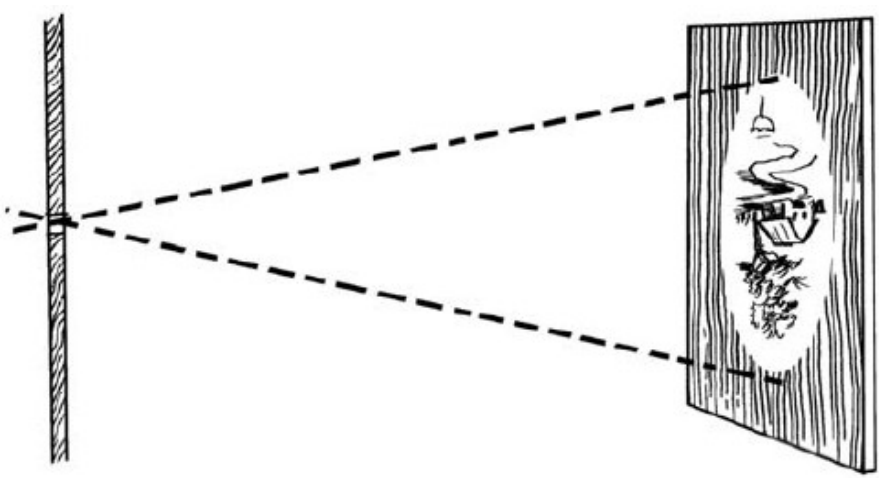


Рис. 87

Что доказывает этот опыт? Что свет распространяется по прямым линиям: лучи от верхней части предмета и лучи от нижней его части перекрещиваются в отверстии и идут далее так, что первые лучи оказываются внизу, а вторые – вверху. Если бы лучи света были не прямые, а искривлялись или изламывались, получилось бы совсем иное.

Замечательно, что форма отверстия нисколько не влияет на вид изображения. Просверлите ли вы круглую дырочку или проделаете квадратное, треугольное, шестиугольное отверстия, изображение на экране получается одинаковое. Приходилось ли вам наблюдать на земле под густым деревом овальные светлые кружочки? Это не что иное, как изображения солнца, нарисованные лучами, которые проходят через разнообразные промежутки между листьями. Они кругловатые, потому что солнце круглое, и вытянутые, потому что падают на землю косо; подставьте лист бумаги под прямым углом к лучам солнца – вы получите на нем совершенно круглые пятна. А во время солнечного затмения, когда темный шар луны надвигается на солнце, заслоняя его и оставляя только яркий серп, круглые пятна под деревьями превращаются в маленькие серпы.

Тот аппарат, которым работают фотографы, есть такая же камера-обскура, но только в ее отверстие вставлено увеличительное стекло, для того чтобы изображение получилось ярче и отчетливее. В заднюю стенку вставляется в такой камере матовое стекло, на котором и получается изображение, конечно, вниз головой. Фотограф может рассматривать его, только накрывши камеру и себя темной материей, чтобы посторонний свет не мешал глазам[20].

Некоторое подобие такой фотографической камеры вы можете смастерить сами. Раздобудьте удлиненный закрытый ящик и просверлите в одной его стенке дырочку. Выньте стенку против просверленного отверстия и натяните вместо нее промасленную бумагу: она будет заменять матовое стекло. Поместив ящик в темную комнату и приставив его дырочкой к отверстию в ставне, вы увидите на задней стенке довольно отчетливое изображение наружного мира, опять, конечно, в перевернутом виде.

Впрочем, вы уже не нуждаетесь в темной комнате, вы можете вынести ваш «фотоаппарат» на открытое место и поставить куда угодно. Вам понадобится только покрывать свою голову темной материей, как делают фотографы.

Перевернутая булавка

Сейчас мы беседовали о камере-обскуре, объяснили, как ее сделать, но не сказали одной интересной вещи: каждый из нас носит в себе пару маленьких камер-обскур.

Это – наши глаза. Глаз устроен совершенно наподобие того ящика, который я предлагал вам изготовить. То, что называют «зрачком» глаза, есть не черный кружок на глазу, а отверстие, ведущее в темную внутренность нашего органа зрения. Отверстие это обтянуто снаружи прозрачной оболочкой и прикрыто студенистым, также прозрачным веществом под ней; сзади к зрачку прилегает прозрачный «хрусталик», имеющий форму двояковыпуклого стекла, а вся внутренность глаза, за хрусталиком до задней стенки, на которой рисуются изображения внешних предметов, заполнена прозрачным веществом. Все это не мешает глазу оставаться камерой-обскурой. Изображения эти на дне глаза очень мелки: например, 8-метровый телеграфный столб, который мы видим в расстоянии 20 м от нас, рисуется на дне глаза в виде тончайшей черточки примерно в полсантиметра длиной.

Самое интересное то, что, хотя все изображения получаются в глазу, как и в камере-обскуре, перевернутыми, мы все же видим предметы прямыми. Происходит это переворачивание в силу долговременной привычки: мы привыкли пользоваться своими глазами так, что каждый зрительный образ приводим в естественное положение.

Что это действительно происходит, вы можете проверить на опыте. Постараемся устроить так, чтобы на дне глаза получилось не перевернутое, а прямое изображение предмета. Что мы увидим? Так как мы привыкли переворачивать все зрительные образы, то перевернем и этот образ; мы должны, значит, увидеть не прямое, а перевернутое изображение. Так и бывает в самом деле. Следующий опыт обнаруживает это весьма наглядно.

Проколите булавкой отверстие в почтовой карточке и держите ее против окна или лампы сантиметрах в десяти от правого глаза; впереди же карточки держите булавку так, чтобы ее головка приходилась против дырочки. При таком расположении предметов вы увидите булавку, словно помещенную позади отверстия, а главное – в перевернутом виде.

Двиньте булавку немного вправо – глаз ваш увидит, что она двинулась влево.

Причина та, что булавка на дне глаза рисуется в данном случае не в перевернутом виде, а в прямом. Отверстие в карточке

играет здесь роль источника света, отбрасывающего тень от булавки. Тень эта падает на зрачок, и изображение ее получается не перевернутое, так как она чересчур близка к зрачку. На задней стенке глаза получается светлый кружок; это изображение отверстия в карточке. А на нем видны темные очертания булавки – ее тень в прямом виде. Нам же кажется, что мы через отверстие карточки видим булавку позади нее (так как видна только та часть булавки, которая помещается в отверстии), и притом в перевернутом виде, потому что по укоренившейся привычке мы бессознательно переворачиваем все получаемые зрительные образы.

Загадка нашего зрения

Вы уже знаете, что глаз устроен наподобие фотографической камеры и что на матовом стекле такой камеры все представляется в перевернутом виде.

Вам известно также, почему мы видим предметы кругом нас не в перевернутом, а в настоящем их виде. С раннего детства приучаем мы себя видеть вещи не такими, какими рисуются они в нашем глазу.

Другое дело – ребенок, еще не выработавший в себе этой привычки. Руку, которая протягивается к нему с правой стороны, он видит приближающейся слева. Бутылка молока, опускающаяся сверху, кажется ему поднимающейся снизу. Оттого ребенок так беспомощно машет руками, пока не приучится помещать видимые вещи там, где они действительно находятся.

Интересный опыт проделал один американский ученый. Он изготовил очки, перевертывающие все изображения, и стал их всегда носить. Первое время ему казалось, что весь мир перевернулся. Он боялся ступить, чтобы не попасть в беду. Постепенно он научился правильно разбираться в своих ощущениях, начал двигаться уверенно и стал наконец видеть мир через свои диковинные очки совершенно таким, каким и мы его видим. Но всего замечательнее, что, когда он снял очки, мир снова перевернулся в его глазах: пришлось опять переучиваться. Такова сила привычки.

Первые наблюдения в зрительную трубу

Впервые зрительная труба была направлена на небо в 1609 г. гениальным Галилеем, изготовившим трубу собственными руками. Восхищенный теми открытиями, которые ему удалось сделать на небе с помощью этого инструмента, он поспешил напечатать подробный рассказ о них.

Далее мы приводим краткое извлечение из этого рассказа.

«Предлагаю в этом малом сочинении нечто великое для рассмотрения и размышления каждому изучающему природу; говорю «великое», основываясь на важности предмета, на новизне его, от века не слыханной, а также и на том, что дело идет об орудии, делающем весьма многое доступным нашему глазу Великое, конечно, дело – узнать о существовании бесчисленного множества новых, невиданных до сих пор неподвижных звезд, далеко превосходящих численностью те, которые до настоящего времени могли быть усмотрены невооруженным зрением. Восхитительно смотреть на луну, удаленную от нас почти на 60 земных радиусов, как если бы она отстояла только на 2 таких радиуса. Смотря на луну при таких условиях, всякий заметит, что она не имеет гладкой, полированной поверхности, но представляет неровности и возвышения, подобно земной поверхности, покрыта огромными горами, глубокими пропастями и обрывами. Прекратить все споры о Млечном пути и обнаружить его истинный состав не за малое, полагаю, должно быть почитаемо. Скажу об открытии 4 блуждающих звезд[21], которые никто не наблюдал еще до нас; эти светила обращаются в определенные периоды времени около одной из известных планет, подобно тому как Венера и Меркурий обращаются вокруг Солнца. Все это я открыл несколько дней назад при помощи придуманного мною зрительного снаряда.

«Тому назад около десяти месяцев дошел до меня слух, что каким-то голландцем устроен инструмент, благодаря которому предметы, находящиеся на далеком расстоянии, кажутся как бы близ нас помещенными и могут быть рассматриваемы с ясностью. Действие этого удивительного снаряда подвергнуто было многим опытам, достоверности которых одни верили, другие нет. Все это так заинтересовало меня, что я посвятил все свои труды на изыскание научных начал и средств, которые делали бы возможным устройство инструмента подобного рода, и скоро нашел желаемое, основываясь на законах преломления света.

«Прежде всего я приготовил себе свинцовую трубку, в

оконечности которой вставил по стеклу, из которых одно было плоско-выпуклое, другое – плоско-вогнутое. Приближая затем глаз к вогнутому стеклу, я нашел, что предметы, на которые была направлена труба, увеличиваются и как бы приближаются; именно, все предметы казались в три раза ближайшими и, следовательно, в девять раз большими, чем они представляются нам, когда смотрим на них невооруженным глазом. После этого я устроил другую, более совершенную трубку, увеличивавшую отдаленные предметы более чем в 60 раз. Наконец, не щадя труда и издержек, я дошел до того, что приготовил себе такую трубку, которая увеличивала предметы в 1 000 раз и таким образом приближала их на расстояние, более чем в 30 раз ближайшее действительного. Было бы совершенно бесполезным говорить, какие выгоды представляет такой снаряд как на суше, так и на море. Но, оставив земные предметы, я с моим орудием обратился к небесным и прежде всего взглянул на луну, приблизившуюся ко мне на расстояние лишь двух земных радиусов. Затем с неописуемым наслаждением я много раз наблюдал неподвижные и блуждающие звезды.

«Достойно замечания различие в виде планет и неподвижных звезд при наблюдении через трубу. Планеты представляются маленькими кружками, резко очерченными, как бы малыми лунами; неподвижные же звезды не имеют определенных очертаний, но бывают окружены как бы дрожащими лучами, искрящимися, подобно молнии. Труба увеличивает только их блеск, так что звезды пятой и шестой величины делаются по яркости равными Сириусу, самой блестящей из неподвижных звезд. Вследствие этого труба открывает нам почти невероятное количество светил, укрывавшихся доселе от невооруженного зрения.

«Третий предмет, обративший наше внимание, был Млечный путь, состав которого благодаря зрительной трубе обнаруживался до того ясно, что теперь можно все споры, мучившие философов в продолжение стольких веков, считать разрешенными очевидностью. Млечный путь есть не что иное, как тесное собрание бесчисленного множества звезд; в какое бы место Млечного пути ни была направлена труба, везде нам представляется громадное множество звезд; многие довольно велики и явственно видимы, а с ними необозримое множество мельчайших.

«Остается, – что за главное почитаю, – сообщить об открытии и наблюдении четырех планет, от начала мира до наших времен никогда не виданных. 7 января 1610 г., в первом часу ночи, наблюдая небесные светила, я, между прочим, направил на

Юпитер мою трубу и благодаря ее совершенству увидел недалеко от планеты три маленькие блестящие звездочки, которых прежде не замечал. Эти светлые точки были приняты мною за неподвижные звезды. Через восемь дней я опять направил трубу на Юпитер и увидел, что расположение звездочек значительно изменилось. С величайшим нетерпением ожидал я следующей ночи, но небо в эту ночь было со всех сторон покрыто облаками. На десятый день я снова увидел звездочки… (Галилей описывает далее новое расположение звездочек и позднейшие свои наблюдения: звездочек оказалось четыре.)

«Вследствие этого я уже без колебания решил, что существуют четыре светила, обращающиеся около Юпитера, подобно тому как Венера или Меркурий обращаются около Солнца».

Теневые портреты

Здесь приложен портрет Пушкина, исполненный довольно необычно: что должно быть светлым, изображено черным, а все тени, наоборот, – светлые (рис. 88).

Рис. 88. Необычайный портрет Пушкина

Рис. 89. Еще один необычайный портрет

Нельзя сказать, чтобы это было красиво; вы предпочли бы рисунок с естественным распределением света и теней. Ваше желание нетрудно исполнить.

Смотрите на портрет, устремив взгляд в какую-нибудь точку близ его середины. Считайте при этом примерно до восьмидесяти и затем быстро перенесите взгляд на белый потолок или стену: вы увидите там, правда всего на мгновение, больших размеров портрет, в котором свет и тени размещены уже вполне правильно, т. е. обратно тому, что изображено на наших портретах (рис. 88 и 89).

Причина этого интересного явления кроется в том, что оболочка, выстилающая заднюю стенку нашего глаза и принимающая изображения предметов, утомляется от действия света. Однако те участки этой оболочки, на которые приходятся темные части изображения, не утомляются (потому что черный свет есть не что иное, как отсутствие света). Когда после рассматривания нашего портрета взгляд переносится на светлую стену, то утомленные участки глазного дна, где раньше действовал свет, не воспринимают ничего, они отдыхают. Неутомленные же участки, отвечавшие черным местам портрета, хорошо воспринимают белую поверхность. Оттого-то вы и видите, пока глаз не отдохнул, прежнюю картину, но с обратным распределением черных и белых пятен.

Если у вас есть цветные карандаши или краски, вы можете сделать опыт еще интереснее. Нарисуйте какую-нибудь фигурку, например, синего цвета. Рассматривая ее, как в предыдущем случае, и затем быстро перенося взгляд на потолок, вы увидите на нем ту же фигуру, но уже не синего, а желтого цвета. Вообще это изображение будет окрашено в цвет, «дополнительный» к цвету вашего рисунка (что такое «дополнительный цвет» было уже объяснено ранее, на с. 73).

Зажигание льдом

Мальчиком я любил смотреть, как старший мой брат зажигал папироску увеличительным стеклом. Подставит стекло под лучи солнца, наведет яркое пятнышко на кончик папиросы, – она и задымится синеватой струйкой, затлеет.

– А знаешь, – сказал мне брат как-то зимой, – можно ведь и льдом зажечь папироску.

– Льдом? – изумился я.

– Зажигает, конечно, не сам лед, а солнце, но лед собирает его лучи, вот как это стекло.

– Ты, значит, хочешь сделать зажигательное стекло из льда?

– Сделать из льда стекло я не могу, да и никто не может, но сделать из льда зажигательную чечевицу – это мы сможем.

– Что это такое чечевица?

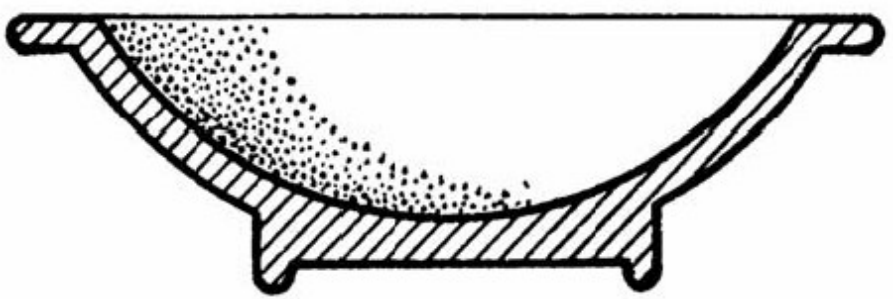


Рис. 90. Таз для изготовления ледяной чечевицы

– Придадим льду такую форму, как у этого стекла, вот и получится чечевица; круглая, выпуклая, посередине толстая, по краям тонкая.

– И будет зажигать?

– Будет зажигать.

– Но ведь она холодная!

– Ничего не значит. Хочешь, попробуем?

Брат начал с того, что велел мне принести таз для умывания. Я принес, но брат забраковал его.

– Не годится: дно плоское. Надо с кривым дном. Когда я принес другой таз, брат налил в него чистой воды и выставил на мороз.

– Пускай промерзнет до дна; тогда у нас и будет ледяная чечевица: одна сторона – плоская, другая – выпуклая.

– Такая большая?

– Чем крупнее, тем лучше: больше солнечных лучей соберет в

одну точку.

На другой день с утра я побежал поглядеть на наш таз. Вода в нем замерзла до дна.

– Славная будет чечевица! – говорил брат, постукивая по льду пальцем. – А теперь давай вынимать ее из таза.

Это оказалось делом нехитрым. Брат поставил ледяной таз в другой, где налита была горячая вода, и лед быстро оттаял у стенок. Мы вынесли таз со льдом на двор и выложили чечевицу на доску.

– Погодка хорошая, – сказал брат, щуря глаза на солнце. – Самая подходящая для зажигания. Ну-ка, держи папироску!

Брат установил чечевицу на садовой скамейке, прислонив краем к перекладине спинки. Долго примеривался он, прежде чем удалось ему направить яркое пятно от чечевицы на папироску. Когда пятнышко останавливалось на моих руках, я чувствовал, какое оно горячее. Я уже не сомневался, что льдина зажжет папироску.

И действительно, когда пятнышко покрыло конец папиросы и продержалось там с минуту, она затлелась, и от нее пошел синеватый дымок.

– Ну, вот мы и зажгли льдом, – сказал брат, беря тлеющую папиросу в рот. – Так можно хоть на самом полюсе зажечь костер без спичек, были бы дрова!

Три пуговицы

Положите рядом три одинаковые пуговицы или монеты. То, что я сейчас предложу вам сделать с ними, кажется с первого взгляда очень простым. Тем неожиданнее будет то, что вы узнаете потом. Вот эта задача: выдвиньте среднюю пуговицу (монету) вниз настолько, чтобы между нею и каждою из остальных двух был промежуток, равный расстоянию между наружными краями боковых пуговиц.

Вы должны полагаться при этом только на свой глаз и не прибегать к помощи циркуля и бумажки. Большой точности от вас не требуется; если ошибетесь на сантиметр, то задачу будем считать решенной верно.

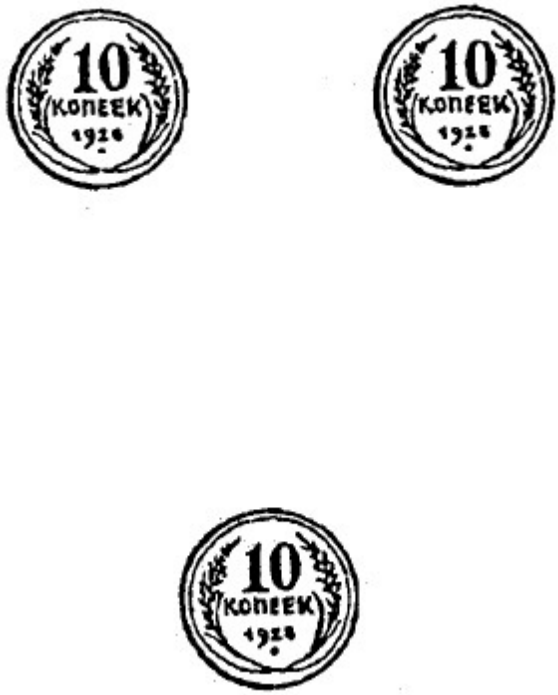


Рис. 91. Кажущееся (неправильное) решение задачи с тремя монетами

Ваше решение, вероятно, было приблизительно такое, как на рис. 91. Оно как будто вполне отвечает задаче, не правда ли? Но попробуйте измерить расстояния бумажкой или циркулем. Окажется, что вы ошиблись чуть не в полтора раза!

На рис. 92 показано правильное расположение пуговиц (монет), несмотря на то, что для нашего глазомера оно кажется,

совсем неправильным.

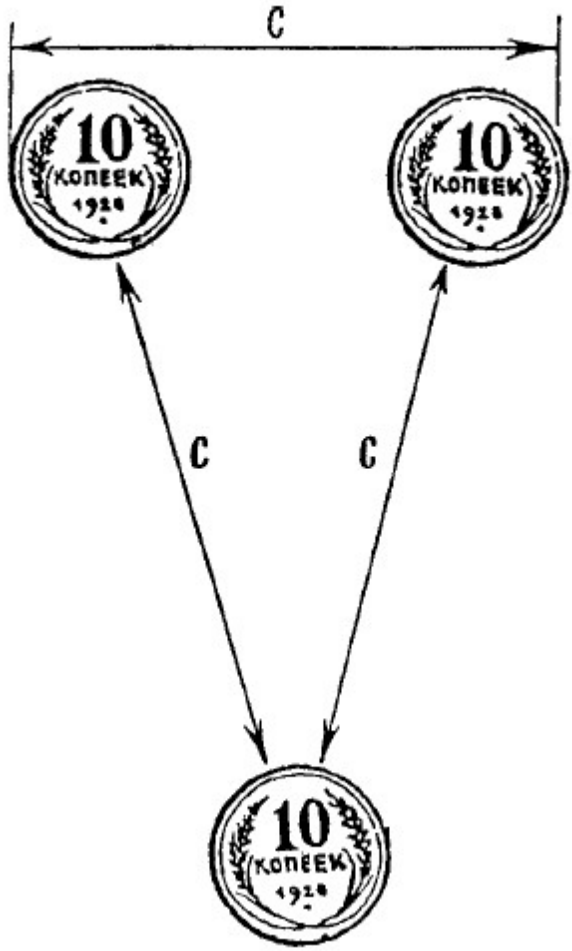


Рис. 92. Правильное решение задачи с монетами

Чем крупнее кружки, тем обман зрения поразительнее. Опыт удается и в том случае, если взять неодинаковые кружки, например, монеты разного достоинства.

Четырехугольники

Вы признать затруднитесь квадратами четырехугольные фигуры на рис. 93: бока у одной вдавлены, у другой выпуклы.

Так судит ваш глаз. Но он ошибается: все три четырехугольника – геометрически правильный квадраты.

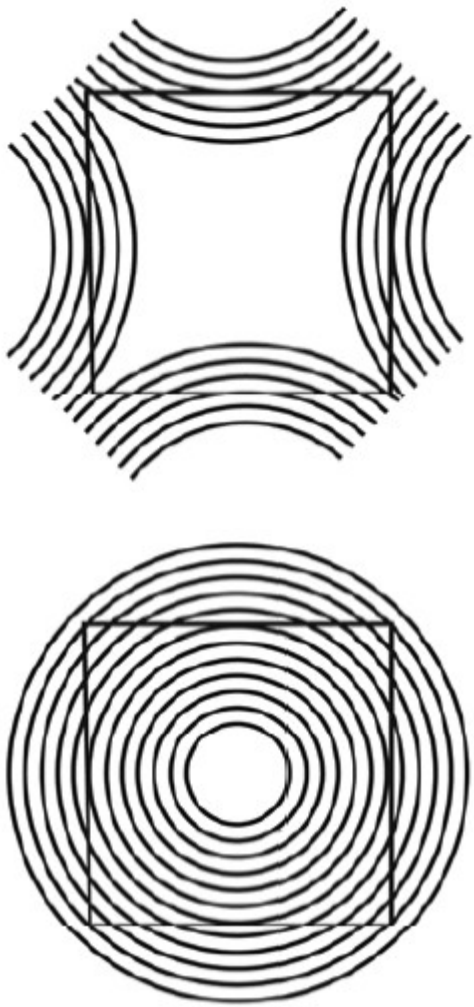


Рис. 93. Прямые ли стороны у этих четырехугольников?

Причина обмана зрения – линейчатый фон, на котором начерчены эти фигуры.

Что больше?

Рассмотрите рис. 94. На нем выделены две параллельные линии – *ab* и *cd*. Если у вас спросят, какая длиннее, вы без колебаний скажете, что первая, *ab*. Но смерьте их бумажкой: вы убедитесь, что обе одинаковой длины! Причина обманчивого неравенства – окружающий фон. Первая линия изображает высоту комнаты, вторая – высоту шкафа. А так как шкаф явно ниже комнаты, то мы и считаем линию *cd* короче *ab*.

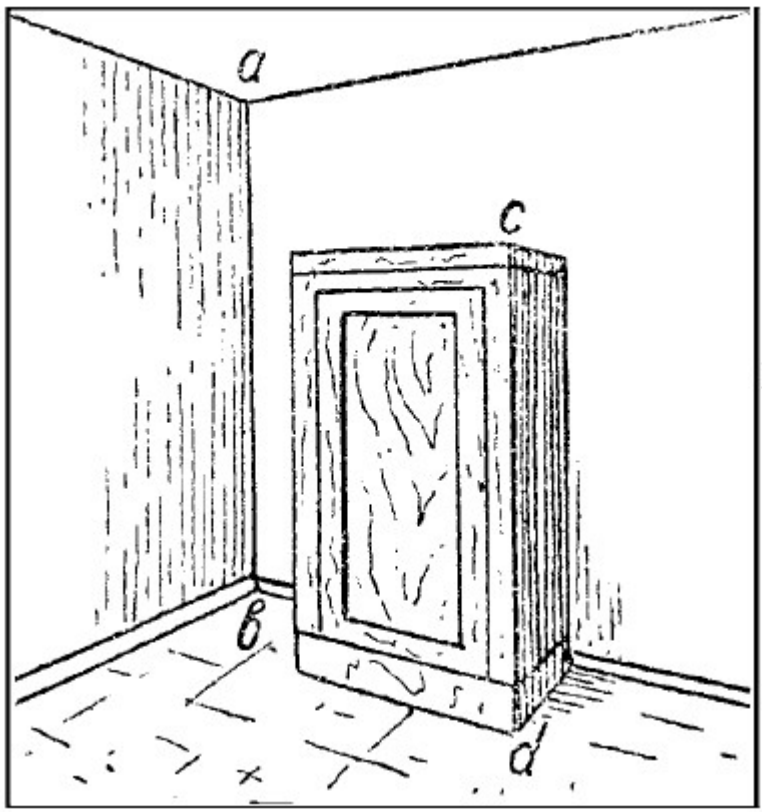


Рис. 94

Вот обман зрения в том же роде: на рис. 95 левая картинка кажется больше правой. Но скопируйте их и переставьте правую на место левой. Вы ожидаете, что теперь будет больше правая картинка. Оказывается, что и на этот раз крупнее левая. На самом же деле картинки в точности одинаковы по величине; все дело в обмане зрения.

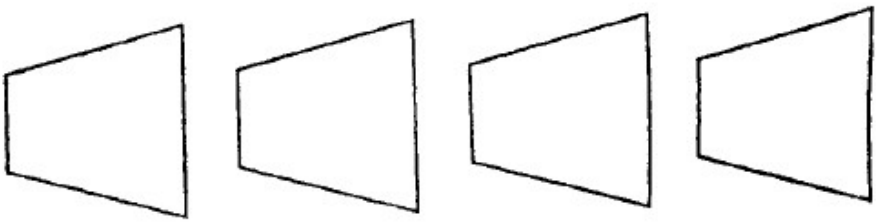


Рис. 95. Какая картинка больше?

Обманы зрения на сцене

Обманами зрения нередко пользуются фокусники, чтобы показывать на сцене свои необычайные «номера». Мне довелось раз присутствовать при борьбе фокусника с «привидением». Происходило это так:

Вместе с другими я вошел в зал; мы сели и начали смотреть на сцену, где стоял фокусник. Вдруг рядом с ним, неизвестно откуда, явилась прозрачная фигура, которая двигалась, как живая. Фокусник выхватил шпагу и храбро кинулся на фигуру. Но сколько ни рубил, ей ничего не делалось: шпага разрезала призрак, не оставляя следа. Фокусник даже несколько раз прошел через фигуру насквозь, словно через воздух, а она оставалась цела.

В действительности на сцене, разумеется, никакой прозрачной фигуры не было. Между публикой и сценой стояло наклонно большое стекло, такое гладкое и так хорошо вычищенное, что, глядя на сцену, его не замечают: оно прозрачно, как воздух. А внизу перед сценой невидимо для публики помещался человек, помощник фокусника, одетый в широкое белое платье. Эта-то фигура, хорошо освещенная, отражается в стекле, как в зеркале, только не так отчетливо. Публике же кажется, будто на сцене призрак; отражение нельзя ведь поранить или разрезать шпагой. Вот еще пример того, как фокусники пользуются обманами зрения. Фокусник приказывает «невидимому духу» подать ему табурет – и в воздухе тотчас же повисает затребованный предмет. Все, что ни понадобится фокуснику, таким же загадочным образом появляется в воздухе и по требованию фокусника сразу же исчезает.

Здесь секрет в том, что задняя стена сцены затянута черной материей, на фоне которой помощник фокусника, также весь закутанный в черное, остается для публики совершенно невидимым. Он-то и подает затребованные предметы; а когда надо, чтобы они исчезли, он набрасывает на них черную материю, которая на черном заднем фоне неразличима для глаз зрителей.

Вопреки тяжести

Помощью зеркала вы можете удивить товарищей, показав им маленькое чудо: шары, вкатывающиеся вверх по крутому уклону, словно бы тяжесть для них не существовала. Само собою разумеется, что это будет обман зрения.

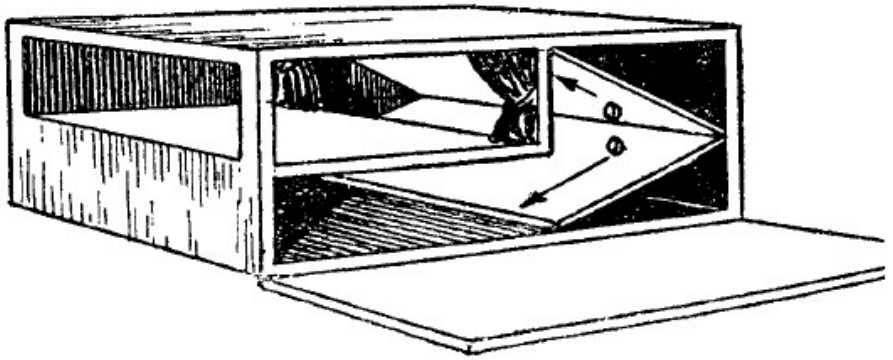


Рис. 96. Кажется, будто шар катится вверх

Вам придется смастерить из картонного ящика маленький театр. Рис. 96 показывает, как он должен быть устроен. В передней стенке делается большой вырез – удаляется вся ее верхняя половина. На уровне нижнего края выреза прилаживается перегородка. В нижней, скрытой от зрителя половине ящика устанавливают наклонно доску с извилистым желобом. Доска эта должна отражаться в зеркале, помещенном над нею так, чтобы зритель мог его видеть между кулисами на «сцене». Когда вы сзади будете скатывать шарика по наклонной доске, зрителю покажется в зеркале, что они вкатываются вверх!

Чтобы опыт вышел эффектнее, нужно над доской оставить для освещения достаточное отверстие и катать много шариков разных цветов по нескольким желобам сразу.

Зрительные обманы в природе

Существуют обманы зрения, которые не подстраиваются кем-либо намеренно, а возникают в природе сами собой. Таковы, например, те миражи, которые случается видеть нередко путешественникам в знойных пустынях.

Вот описание миража в африканской пустыне:

> «Утром и вечером земля имеет обыкновенный вид. Между вами и ближайшими селениями вы видите только землю. Но с того часа, как почва достаточно нагреется солнцем, и до самого вечера земля вдалеке от вас словно покрывается водою. Селения кажутся островами посреди обширного озера. Под каждым селением видно его перевернутое, несколько туманное изображение, как если бы перед вами была отражающая поверхность воды. Когда вы подходите к селению ближе, берег кажущейся воды уходит назад; тот морской залив, который как будто отделял вас от селения, становится уже и наконец пропадает вовсе. Но тогда то же самое повторяется с новым селением, видимым дальше».

Эта несуществующая вода – обман зрения: нагретый воздух над раскаленным песком пустыни отбрасывает лучи света наподобие зеркала, и оттого кажется, что земля вдали залита водой, в которой и отражаются предметы.

Рис. 97

Случаются миражи и иного рода, когда далекие предметы, например, корабли на море, как бы отражаются не от нижних, а от верхних слоев воздуха. Тогда видны в небе над настоящими кораблями их перевернутые отражения. Иной раз видны бывают на небе даже два отражения далекого корабля – одно прямое, другое перевернутое. Такие миражи нередки в наших странах.

Глава седьмая Электрические опыты

Наэлектризованный гребень

Если вы еще даже ничего не знаете из науки об электричестве, не знакомы даже с первыми буквами ее азбуки, вы и в таком случае можете проделать ряд электрических опытов, любопытных и во всяком случае полезных для вашего будущего знакомства с этой удивительной силой природы.

Лучшее время и место для этих опытов – хорошо натопленная комната в морозную погоду. Опыты такого рода хорошо удаются только в сухом воздухе, а нагретый воздух зимою гораздо суше, чем летом при такой же температуре.

Итак, приступим к опытам. Вам приходилось, конечно, проводить эбонитовым[22] гребнем по сухим (вполне сухим) волосам. Если вы делали это в натопленной комнате и при полной тишине, вы могли слышать легкое потрескивание, издаваемое гребнем при расчесывании. Ваш гребень наэлектризовался от трения о волосы.

Эбонитовый гребень можно наэлектризовать и не только о волосы: если потереть его о сухую шерстяную ткань (или кусок фланели), он также приобретает электрические свойства, даже еще в большей степени. Проявляются же свойства эти весьма разнообразно и прежде всего в притяжении легких тел. Поднесите натертый гребень к обрезкам бумаги, к мякине, к шарику из бузиновой сердцевины и т. п. – все эти мелкие предметы поднимутся и пристанут к гребешку. Сделайте из тонкой бумаги крошечные кораблики и пустите их на воду: помощью наэлектризованного гребня вы сможете управлять движениями вашей бумажной флотилии, как «волшебным» жезлом.

Можно обставить опыт еще интереснее: в бокальчик (рис. 106 вверху) положите яйцо, а на нем уравновесьте горизонтально довольно длинную линейку. Такая линейка при приближении наэлектризованного гребня[23] к одному из ее концов проворно поворачивается. Вы можете заставить ее послушно следовать за гребнем – двигаться в ту или другую сторону, даже вращаться кругом. Своего рода колдовство: двигать вещи, не дотрагиваясь до них!

Таким же «волшебным» свойством можете вы наделить не только эбонитовый гребень, но и другие предметы. Палочка сургуча, потертая о фланель или о рукав вашего платья, если оно шерстяное, обнаруживает те же свойства. Электризуется также стеклянная трубка или палочка, если ее натирать шелком; но опыт со стеклом удается лишь в очень сухом воздухе, если к тому же и шелк и стекло хорошо высушены нагреванием.

Электрическое взаимодействие

Механика учит, что одностороннего притяжения – и вообще одностороннего действия – быть не может: всякое действие есть взаимодействие. Если наэлектризованная палочка притягивает разные предметы, то она и сама должна притягиваться к ним. Чтобы убедиться в этом, нужно только сообщить гребню или палочке подвижность, например, подвесив ее на нитяной петле (лучше, если нить шелковая). Тогда легко обнаружить, что всякий ненаэлектризованный предмет – хотя бы ваша рука – притягивает гребень, заставляет его поворачиваться и т. п. Это, повторяем, общий закон природы. Он проявляется всегда и всюду: всякое действие есть взаимодействие двух тел, действующих друг на друга в противоположном направлении.

Отталкивание

Возвратимся к сейчас описанному опыту с подвешенным наэлектризованным гребнем. Мы видели, что он притягивается всяким ненаэлектризованным телом. Интересно испытать, как действует на него другой, тоже наэлектризованный предмет. Опыт убедит вас, что это взаимное действие двух наэлектризованных тел может быть различно. Если к наэлектризованному гребню приблизить наэлектризованную стеклянную палочку, оба предмета будут притягивать друг друга; но если приблизить к гребню наэлектризованную сургучную палочку или другой гребень, то взаимодействие проявится в форме отталкивания.

Физический закон, охватывающий этот род явлений, гласит: электричества разноименные притягиваются, одноименные отталкиваются. Одноименными будут электричества эбонита или сургуча (так называемое «смоляное», или отрицательное); разноименными – электричество смоляное и электричество стекла (положительное). Старинные названия – «смоляное» и «стеклянное» электричества – теперь уже не употребляются; они совершенно вытеснены названиями «отрицательное» и «положительное» электричества.

На отталкивании одноименно наэлектризованных вещей основано устройство простого прибора для обнаруживания электричества – так называемого «электроскопа». Слово «скоп» взято из греческого языка и значит «показывать»; по тому же образцу составлены слова: телескоп, микроскоп и др. Вы сами можете устроить этот несложный прибор. Через середину картонного кружка или пробки, могущих прикрыть отверстие банки, продевают стержень: часть его должна выступать сверху; к концу стержня прикрепляют две полоски фольги или папиросной бумаги. Затем втыкают пробку в горлышко или прикрывают его картонным кружком, залив края сургучом, – и электроскоп готов к употреблению. Если теперь вы дотронетесь наэлектризованной вещью до выступающего конца стержня, то электризация сообщится и обеим полоскам бумаги: они наэлектризуются одновременно и потому разойдутся вследствие взаимного отталкивания. Расхождение листочков и является признаком того, что предмет, которым прикоснулись к стержню электроскопа, был наэлектризован.

Если вам не дается искусство мастерить, вы можете устроить себе электроскоп проще: он будет не так удобен и не так чувствителен, но все же пригоден к употреблению. Подвесьте к

деревянной палочке на ниточках два шарика из пробки или – еще лучше – из бузиновой сердцевины так, чтобы, свешиваясь, они соприкасались. Вот и электроскоп: прикоснувшись к одному шарику испытуемым предметом, вы заметите, что другой шарик отклонится в сторону, если предмет был наэлектризован.

Есть еще один тип упрощенного электроскопа: на булавку, воткнутую в пробку, навешена согнутая посередине полоска фольги. Дотрагиваясь наэлектризованным предметом до булавки, вы вызовете расхождение обеих половин полоски.

«Кошачье» электричество

Величайший из электротехников, знаменитый американский изобретатель Эдисон, начал проделывать электрические опыты, еще будучи мальчиком. Между прочим, он пытался делать опыты с электричеством, добытым из… чего бы вы думали? Из кошки!

Но разве из кошки можно добыть электричество? Представьте, можно, и сейчас я объясню вам, как это делается. Превратить в «электрическую машину» можно только смирного, добродушного кота, содержащего свою шубку в чистоте. Лучшее время для таких опытов – сухой морозный день. Место опыта – хорошо натопленная комната. Когда ваш кот согреется у печки и шерсть его станет вполне сухой, возьмите его на левую руку так, чтобы ваша ладонь подпирала его грудку. Коту такое положение не причиняет беспокойства: любители кошек именно так и советуют брать этих животных. Держа кота левой рукой, проводите быстро правой сухой ладонью по шерсти животного от головы к хвосту. Вы почувствуете покалывание в той руке, которая гладит, и в той, которая поддерживает кота. Покалывание сопровождается легким треском под гладящей рукой.

А в полной темноте, когда глаза ваши привыкнут к мраку, вы сможете заметить, как шерсть вслед за ладонью словно вспыхивает крошечными искорками.

Все это – настоящие электрические явления. Шерсть кошки от натирания сухой ладонью «электризуется». Электричество при этом образуется двух разных родов: одного рода – на кошачьей шерсти, другого – на гладящей руке. С шерсти электричество перетекает на подпирающую руку. Обе руки ваши оказываются заряженными различными электричествами, которые соединяются через ваше тело и через тело кота, вызывая при этом довольно ощутительный «электрический удар».

В этом причина того покалывания, которое вы чувствуете, гладя кошку, того треска, который вы слышите, и тех искорок, которые вы видите.

Я проделывал эти опыты много раз с моим котом и не заметил, чтобы они ему были очень неприятны. По-видимому, они не причиняют ему особенного беспокойства. Но все же кошка[24] – не совсем удобная для опытов электрическая машина: у нее чересчур проворные лапки.

Электрические опыты с газетой

Гораздо более разнообразные опыты, чем с «кошачьим» электричеством, можно проделывать с электричеством «газетным», извлекаемым из газетного листа. В детстве меня забавлял ими старший брат; я поделюсь с читателем этими воспоминаниями.

– Решено! – объявил мне старший брат, похлопывая рукой по изразцам натопленной печи. – Решено: вечером мы проделываем с тобой электрические опыты.

– Опыты? Новые опыты! – восторженно подхватил я. – Когда? Сейчас? Я хотел бы сейчас!

– На всякое хотение нужно терпение. Опыты будут вечером. Сейчас я должен уйти.

– За машиной?

– Какой машиной?

– Электрической. Ведь для опытов нужна машина.

– Машина, что нам нужна, уже имеется, лежит в портфеле… Не вздумай, пожалуйста, рыться без меня, – угадал брат мою мысль. – Ничего не найдешь, только беспорядок устроишь, – добавил он, надевая пальто.

– Но машина там?

– Там, не беспокойся.

И брат вышел из дому, беспечно оставив портфель с машиной на маленьком столике в передней.

Если бы железо могло чувствовать, оно ощущало бывблизи магнита то же самое, что испытываля, оставшись один с портфелем брата. Портфель тянул меня к себе, привлекал все мои чувства и мысли. Невозможно было думать ни о чем другом, бесполезно было стараться смотреть по сторонам… Странно, что электрическая машина может поместиться в портфеле; я представлял себе ее вовсе не такой плоской. Портфель не заперт на замочек, и если осторожно заглянуть внутрь… Что-то завернуто в газету. Ящичек? Нет, книги. Книги да книги, ничего другого в портфеле нет. Ну, как я сразу не догадался, что брат шутил: электрическую машину разве запрячешь в портфель?

Брат вернулся с пустыми руками и сразу угадал причину моего унылого вида.

– Мы, кажется, изволили заглянуть в портфель? – спросил он.

– Где же машина? – ответил я вопросом.

– В портфеле. Не видел?

– Там одни книги.

– И машина. Плохо глядел. Чем ты смотрел?

– Чем смотрел! Глазами.

– То-то и есть, что только глазами. А надо всей головой смотреть. Мало просто глядеть, нужно понимать, что видишь. Машина в портфеле; лежит, где лежала. Ты не заметил, потому что не умел смотреть. – Брат вынул из портфеля пакет с книгами, осторожно развернул его, освободил большой газетный лист и подал мне.

– Вот наша электрическая машина.

Я с недоумением смотрел на газету.

– Думаешь, просто бумага, ничего больше? – продолжал брат. – А кто умеет смотреть, тот признает в газете физический прибор.

– Физический прибор? Чтобы делать опыты?

– Да, для опытов. И мы сейчас станем их делать.

Искры из пальцев

Брат взял в одну руку платяную щетку, другой рукой приложил газетный лист к натопленной печке и принялся растирать его щеткой, как обойщик, расправляющий на стене обои.

– Гляди! – сказал брат и убрал обе руки от газеты.

Я ожидал, что бумага соскользнет на пол. Однако этого ее случилось: газета странным образом держалась на гладких изразцах, словно приклеенная.

– Как держится? – спросил я. – Ведь она не намазана клеем.

– Газета держится электричеством. Она наэлектризована и притягивается к печке.

– Почему ты не сказал мне, что газета в портфеле была наэлектризованная?

– Она и не была наэлектризована. Я наэлектризовал ее только сейчас, при тебе, натирая щеткой. От трения и наэлектризовалась.

– Значит, это уже настоящий электрический опыт?

– Да. Но мы только начинаем. Загаси-ка свет.

В темноте смутно рисовалась черная фигура брата и сероватое пятно на месте белой печки.

– Теперь следи за моей рукой.

Я больше угадывал, чем видел то, что делал брат. Он отслоил газету от печки и, держа одной рукой на весу, приблизил к ней растопыренные пальцы другой руки.

И тогда – я едва верил своим глазам – из пальцев вылетели искры, длинные голубовато-белые искры!

– Эти искры были электрические, – объяснил брат. – Хочешь попробовать сам?

Я проворно спрятал руки за спину. Ни за что!

Брат снова приложил газету к печке, натер щеткой и опять извлек из своих пальцев снопы длинных искр. Я успел заметить, что он вовсе не прикасался пальцами к газете, а держал их сантиметрах в десяти от нее.

– Попробуй, не трусь, нисколько не больно. Дай руку!

Он овладел моей рукой и привлек меня к печке.

– Расставь пальцы. Так! Что, больно?

Я не успел опомниться, как из моих пальцев выскочили кисти голубоватых искр. При их свете я увидел, что брат только наполовину отлепил газету от печки, нижняя же часть бумажного листка по-прежнему оставалась словно приклеенной. Одновременно с искрами я почувствовал и легкий укол, но боль

пустячная. Бояться в самом деле было нечего.

– Еще! – теперь упрашивал уже я.

Брат приложил газету к печке и стал растирать прямо ладонями рук.

– Что ты делаешь? Забыл щетку!

– Все равно. Ну, готовься!

– Ничего не выйдет: ты тер без щетки.

– И без щетки можно, если руки сухие. Лишь бы тереть.

Действительно, из моих пальцев и на этот раз посыпались искры, такие же, как раньше. Когда я насмотрелся искр досыта, брат объявил мне:

– Ну, достаточно. Теперь покажу тебе истечение электричества, то самое, которое некогда мореплаватели Колумб и Магеллан видели на верхушках мачт. Дай-ка ножницы.

Брат приблизил в темноте острия разомкнутых ножниц к газете, полуотделенной от печи. Я ожидал искр, но увидел нечто новое: острия ножниц увенчались светящимися пучками коротких сине-красных нитей, хотя от ножниц до бумаги было еще довольно далеко. Одновременно раздавалось легкое протяжное шипение.

– Вот такие же огненные кисточки, только гораздо большие, морякам случается часто видеть на концах мачт и рей. Они называются Эльмовыми огнями.

– Откуда они там берутся?

– То есть, кто держит над мачтами наэлектризованную газету, хочешь ты спросить? Конечно, газеты там нет, зато есть низко нависшее наэлектризованное облако; оно и заменяет газету. Не думай, впрочем, что такое электрическое свечение остроконечий бывает только на море. Наблюдают его и на суше, особенно в горах. Еще Юлий Цезарь около двух тысяч лет назад описал, как однажды ночью в облачную погоду острия копий его солдат светились такими огоньками. Моряки и солдаты не боятся электрических огоньков, – напротив: считают их доброй приметой, хотя и без всякого разумного основания. В горах случается, что электрическое свечение появляется даже на людях – на их волосах, шапках, ушах. При этом слышится иной раз жужжание, вроде того, какое исходило из наших ножниц.

– Этот огонь сильно жжет?

– Совсем не жжет. Ведь это не огонь, а свечение, холодное свечение. Настолько холодное и безвредное, что от него не зажигается даже спичка. Вот смотри: вместо ножниц беру спичку, и – видишь – головка окружена электрическим свечением, однако не загорается.

– А по-моему, горит: пламя прямо из головки идет.

– Дай свет, рассмотрим спичку при лампе.

Я убедился, что спичка не только не обуглилась, но даже головка ее не обгорела. Она, значит, была окружена действительно холодным светом, а вовсе не огнем.

– Не гаси лампы, следующий опыт сделаем при свете.

Послушная палка

Брат выдвинул стул на середину комнаты и положил поперек его спинки палку. После немногих проб ему удалось добиться того, что палка, подпертая в одной точке, лежала на спинке стула, не опрокидываясь.

– Я не знал, что палка так может держаться, – сказал я. – Ведь она длинная!

– Оттого и держится, что длинная. Коротенькая не держалась бы – карандашик, например.

– Карандашик ни за что так не положить, – подтвердил я.

– Теперь к делу. Можешь ты, не дотрагиваясь до палки, заставить ее повернуться к тебе?

Я задумался.

– Если накинуть на один конец веревочную петлю… – начал я.

– Без всяких веревок, ничем не дотрагиваясь. Можешь?

– Ага, знаю! – Я приблизил лицо к палке и начал втягивать воздух ртом, чтобы притянуть палку к себе, но она не двигалась.

– Ну что?

– Не выходит. Невозможно!

– Невозможно? Посмотрим.

И, сняв с печки газету, которая тем временем держалась на изразцах, словно приклеенная, брат стал медленно приближать ее к палке. На расстоянии чуть не половины метра палка почувствовала притяжение наэлектризованной газеты и послушно повернулась в ее сторону. Двигая газетный лист, брат вел за ним палку, заставляя ее кружиться на спинке стула сначала в одну сторону, потом в другую.

– Наэлектризованная газета, ты видишь, притягивает палку так сильно, что она идет и будет идти за бумагой, пока все электричество не стечет с газеты в воздух. Можно тот же опыт проделывать различным образом. Устроим, например, так. Вон там, на буфете, яйцо в бокале. Положим на яйцо осторожно линейку, чтобы держалась, и будем вертеть нашим газетным листом. Хочешь сам попробовать?

Я взял газету, которую брат натер снова на печке, и был сам удивлен, что опыт удался мне с первого же раза: линейка кружилась вслед за газетой, пока не соскользнула с яйца.

Мы разнообразили этот опыт на всевозможные лады клали на спинку стула железную палку, уравновесили половую щетку и т. п. С тяжелыми палками опыт удавался ничуть не хуже, пожалуй даже лучше, чем с легкой.

– Жаль, что этих опытов нельзя делать летом: печка холодна.

– Печка нужна здесь для того, чтобы высушить бумагу – эти опыты удаются лишь с совершенно сухой газетой. А ты заметил, вероятно, что газетная бумага вбирает влагу из воздуха и потому всегда немного сыровата; ее и приходится сушить. Не думай, что летом совсем нельзя делать наших опытов. Можно, они только удаются не так хорошо, как зимой. Зимой воздух в натопленной комнате суше, чем летом, – вот причина. Сухость для таких опытов очень важна. Газету сушат летом на кухонной плите, когда она после обеда остынет настолько, что бумага на ней не будет загораться. Хорошенько обсушив на плите газетный лист, переносят его на сухой стол и здесь крепко натирают щеткой. Он электризуется однако не так сильно, как на изразцовой печке. Ну, достаточно на сегодня. Завтра проделаем новые опыты.

– Тоже электрические?

– Да, и все с той же нашей электрической машиной – с газетой. А тем временем я дам тебе прочесть интересное описание Эльмовых огней на горах, составленное знаменитым французским естествоиспытателем Соссюром. В 1867 г. Соссюр с несколькими спутниками находился в Альпах, на вершине горы Сарлэ, более трех километров высоты. И вот что они там испытали.

Электричество в горах

Брат снял с полки книгу Фламмариона «Атмосфера», перелистал ее и дал мне прочесть следующее место:

> «Люди, совершившие подъем, только что приставили к скале свои обитые железом палки, располагаясь пообедать, когда Соссюр ощутил на плечах и в спине боль, как будто от иголки, медленно втыкавшейся в тело. «Предполагая, – говорит Соссюр, – что в мою полотняную накидку попали булавки, я сбросил ее, но, не получив облегчения, почувствовал, напротив, что боль усиливается, захватывая всю спину от одного плеча до другого; она сопровождалась щекотанием и болезненным колотьем, словно по коже ходит оса и покрывает ее уколами. Поспешно сбросив второе пальто, я не нашел ничего такого, что могло бы произвести эти поранения. Боль продолжалась и стала походить на ожог. Мне почудилось, что загорелась моя шерстяная фуфайка. Я готов был уже раздеться, как внимание мое привлек шум, похожий на жужжание. Шум исходил из наших палок, прислоненных к скале; он походил на шум подогреваемой воды, готовой закипеть. Все это продолжалось минут пять.
>
> «Я понял тогда, что болезненные ощущения обусловлены электрическим истечением, исходившим от горы.
>
> Однако при свете дня я не видел никакого сияния на палках. Палки издавали одинаково резкий звук, держали ли их в руках вертикально, направляя желейный наконечник вверх, вниз, или же горизонтально. Из почвы никакого звука не исходило.
>
> «Через несколько минут я почувствовал, что волосы у меня на голове и бороде поднимаются; казалось, будто проводят сухой бритвой по жесткой отросшей бороде. Мой молодой спутник крикнул, что поднимаются волоски его усов, а из верхушек углей исходят сильные токи. Подняв руки, я почувствовал, как токи исходят из пальцев. Электричество выделялось, словом, из палок, одежды, ушей, волос, всех выдающихся частей тела.
>
> «Поспешно оставив вершину горы, мы спустились метров на сто. По мере того как мы спускались, наши палки звучали все слабее, наконец звук стал так тих, что

его можно было слышать, лишь приблизив палки к уху».

Так кончается рассказ Соссюра. В той же книге я прочел описание и других случаев появления Эльмовых огней.

«Выделение электричества выступающими скалами часто наблюдается, когда небо покрыто низкими облаками, проходящими в небольшом расстоянии над вершинами.

«10 июля 1863 г. Ватсон и еще несколько туристов поднялись в проход Юнгфрау (в Швейцарских горах). Утро было прекрасное, но, приближаясь к проходу, путники испытали сильный ветер с градом. Раздался страшный удар грома, и вскоре Ватсон услышал свистящий звук, исходящий из палки; звук походил на шум закипающей грелки. Путники остановились и заметили, что их жезлы и топоры издают такой же звук; они не переставали звучать и тогда, когда были воткнуты одним концом в землю. Один из проводников, снявши шляпу, закричал, что голова его горит.

Действительно, волосы его были подняты, словно наэлектризованные. Все испытывали ощущение щекотки на лице и других частях тела. Волосы Ватсона совершенно выпрямились. На концах пальцев, когда ими шевелили в воздухе, слышался электрический свист».

Пляска бумажных зайцев

На другой день, когда стемнело, брат вновь начал опыты. Первым делом «прилепил» к печке газету. Затем попросил у меня бумагу поплотнее газетной – писчую – и стал вырезывать из нее смешные фигурки: человечков в разных позах.

– Эти бумажные паяцы у нас сейчас запляшут. Принеси-ка булавок.

Скоро через ногу каждого паяца была проткнута булавка.

– Это, чтобы паяцы не разлетались и не уносились газетой прочь, – объяснил брат, раскладывая фигурки на самоварном подносе. – Представление начинается!

Он отлепил от печки газету и, держа ее горизонтально двумя руками, приблизил сверху к подносу с фигурками.

– Встаньте! – скомандовал брат.

И представьте: фигурки послушались – встали! Встали и торчали вверх, пока брат не отодвинул газеты подальше – тогда они опять легли. Но он не давал им долго отдыхать: приближая и отдаляя газету, он заставлял паяцев то вставать, то вновь ложиться.

– Если бы я не отягчил их булавками, они подскочили бы к газете вплотную и прилипли бы к ней. Вот видишь, – брат вынул булавки из нескольких фигурок, – они притянулись к газете совсем и уже не отпадают. Это электрическое притяжение. А теперь проделаем опыт и с отталкиванием. Где ножницы?

Змеи

Я подал ножницы, и брат, «прилепив» газету к печке, стал отрезать от ее края, снизу вверх, длинную тонкую полоску. Не дойдя до самого верха, он таким же образом надрезал вторую полосу, потом третью и т. д. Шестую или седьмую полоску он отрезал совсем. Получилась бумажная «борода», которая однако не соскользнула с печки, как я ожидал, а осталась на ней. Придерживая верхнюю часть рукой, брат провел по полоскам несколько раз щеткой и затем снял всю «бороду» с печки, держа ее вверху в вытянутой вперед руке.

Вместо того чтобы свободно свешиваться вниз, полоски растопырились колоколом, заметно отталкиваясь одна от другой.

– Они отталкиваются потому, – объяснил брат, – что все одинаково наэлектризованы. К вещам же, совсем не наэлектризованным, они притягиваются. Засунь руку снизу внутрь колокола – полоски притянутся к ней.

Я присел и ввел руку в пространство между полосками, т. е. я хотел ввести туда руку, но не мог сделать этого, потому что бумажные ленты обвились вокруг руки, как змеи.

Волосы дыбом

– Тебя эти змеи не пугают? – спросил брат.

– Зачем? Бумажные.

– А мне страшно. Посмотри, как страшно.

Брат поднял газетный лист над своей головой, и я увидел, как волосы его буквально стояли дыбом.

– Это опыт? Скажи: это тоже опыт?

– Тот самый опыт, который мы сейчас делали, но на другой лад. Газета наэлектризовала мои волосы, и они, притягиваясь к ней, в то же время друг от друга отталкиваются, как полоски нашей бумажной «бороды». Возьми зеркало, и я покажу тебе, как твои собственные волосы встанут таким же манером.

– Не больно?

– Нисколько. – В самом деле, я не почувствовал ни малейшей боли, даже щекотки, а ясно видел в зеркале, как волосы мои под газетным листом торчком стояли вверх.

Маленькая молния

В следующий вечер брат начал опыты с очень странных приготовлений. Взял три стакана, погрел их возле печки, затем поставил на стол и накрыл сверху самоварным подносом, который тоже сначала погрел немного у печки.

– Что это будет? – любопытствовал я. – Ведь надо стаканы на поднос, а не поднос на стаканы!

– Погоди! Будет опыт с маленькой молнией.

Брат пустил в дело нашу «электрическую машину»,

т. е., попросту говоря, стал растирать на печке газету. Натерев, он сложил газетный лист вдвое и снова начал растирать. Затем, отлепив его от печки, проворно положил на поднос.

– Потрогай-ка поднос, не очень холоден?

Не подозревая подвоха, я беспечно протянул к подносу руку – и отдернул назад: что-то щелкнуло и больно кольнуло мне палец. Брат рассмеялся.

– Ну, каково? Тебя ударила молния. А треск слышал? Это ведь был маленький гром.

– Я чувствовал сильный укол, но никакой молнии не видел.

– Увидишь ее сейчас, когда повторим опыт в темноте.

– Но я не согласен больше трогать подноса, – решительно заявил я.

– Этого и не надо. Можешь извлекать искры хотя бы дверным ключом или чайной ложкой: ничего не почувствуешь, а искры будут такие же длинные. Первые искры, впрочем, я извлеку сам, пока твои глаза привыкнут к темноте.

Брат загасил свет.

– Теперь молчание и внимание! Смотри в оба, – раздался в темноте его голос.

Треск – и одновременно яркая беловато-синяя искра в полспички длиною проскочила между краем подноса и ключом.

– Видел молнию? Слышал гром? – спросил меня старший брат.

– Но они были одновременно. Настоящий гром всегда позже молнии.

– Это правда. Мы слышим гром всегда позже, чем видим молнию. И все-таки они происходят в одно время, как треск и искра в нашем опыте.

– Почему же гром слышен позже?

– Видишь ли, молния – это свет; а лучи света бегут так быстро, что через земные расстояния проносятся почти мгновенно. Гром – это взрыв, а звук распространяется в воздухе

не так быстро; он заметно отстает от лучей света и доходит до нас позже их. Оттого мы и видим молнию раньше, чем слышим порожденный ею гром.

Брат передал мне ключ и, сняв газету, предложил извлечь «молнию» из подноса.

– Без газеты разве будет искра?

– Попробуй.

Не успел я донести ключ до края подноса, как увидел искру, яркую, широкую.

Вторично положил брат газету на поднос, и я снова извлек искру, на этот раз уже послабее.

Десятки раз клал он на поднос и поднимал с подноса газету (не натирая ее вновь на печке), и всякий раз я извлекал искру, все более и более слабую.

– Искры длились бы дольше, если бы я брал газету не прямо руками, а за шелковые нити или ленточки. Тогда у нас получился бы настоящий физический прибор – «электрофор». Когда будешь учить физику, ты поймешь, что сейчас здесь у нас происходило.

– Это самый интересный опыт!

– Как для кого. Мне больше нравится тот, который я сейчас покажу тебе. Там, в ящике стола, лежит электрическая лампочка[25]. Принеси!

– Испорченная, не горит. Волосок разорван.

– Нам и такая хороша. Выло бы цело стекло. Главное, чтобы внутрь не проник воздух. Ведь электрические лампочки пустые, из них выкачан почти весь воздух.

– В лампочках совсем нет воздуха?

– Да. Ты не знал?

– Как же тогда может гореть в них нить? Без воздуха ничто не горит.

– Не горит, но может накаляться. В лампочке металлическая или угольная нить не горит, а накаляется.

Для того и выкачивают из лампочки воздух, чтобы не могло быть горения, а было бы одно накаливание.

– А если бы нить горела, что тогда?

– Она перегорела бы в первую же секунду, и лампа больше не годилась бы. Понимаешь теперь, зачем нужно, чтобы лампочки были без воздуха?

– Мне непонятна одна вещь, – сказал я: – зачем выкачивать воздух из лампочки, если хотят, чтобы волосок не сгорел? Ведь можно только заменить воздух таким газом, который не поддерживает горения. Я читал, что в азоте, например, горение невозможно.

– Ты совершенно прав. Так и делают при изготовлении

некоторых сортов лампочек. Ты видел, например, выставленные в магазинах очень яркие «полуваттные» лампочки? Вот эти не пустые, а наполнены азотом или другим газом, не поддерживающим горения. Их так и называют: «газополные». С такою лампочкою опыт не удался бы…

Опыт с лампочкой

Брат – все еще в полутьме – наполовину отделил газету от печки и поднес лампочку цоколем к бумаге. Легкий треск, искра – и на мгновение вся лампочка наполнилась нежным зеленоватым сиянием.

– Вот мой любимый опыт, – сказал брат, приближая лампочку к разным местам наэлектризованной газеты и продолжая извлекать искры со свечением. – Можно тот же опыт проделать и с искрой от подноса: свечение будет еще ярче.

Он положил газету на поднос, и действительно – лампочка засветилась теперь от искры еще ярче. Но когда он извлекал лампой искры из непокрытого подноса, зеленого свечения не замечалось.

– Когда-нибудь тебе станут понятны эти интересные явления. Ты узнаешь также, какое применение находят они себе в производстве. Когда изготовляют на заводе пустотные электролампочки, то о годности их судят по цвету такого свечения. Лампочку натирают снаружи, и если она при этом не светится или дает только отдельные вспышки зеленого цвета, то это признак, что лампочка хорошо откачана, т. е. воздух выкачан в достаточной мере. Хуже изготовлена лампочка, если при натирании она светится вся зеленовато-синим светом. И совсем не годится лампочка, если свет розовый, ярко-красный или белый: это брак; такую лампочку в продажу не пускают – в ней слишком много воздуха. Но будем продолжать опыты. Я припас угольную лампочку; интересно и в нее пустить такую искру. Что будет?

Он поднес цоколь угольной лампочки к подносу. Проскочила искра, сверкнула в лампочке зеленоватая вспышка. И одновременно послышался тонкий, едва уловимый звон, словно от нежного стеклянного колокольчика.

– Что за звон? – спросил я.

– Ага, услышал! Это дрожит гибкий угольный волосок в лампочке и ударяется о стенки. Сейчас покажу тебе при свете, как он трясется.

Вывернув из патрона экономическую лампочку и заменив ее угольной, брат дал свет и поднес к лампе наэлектризованную газету. Он не дошел еще до лампы, как раскаленный волосок в стеклянной груше беспокойно затрепетал. Приближая и удаляя газету, брат поддерживал это дрожание.

– С экономической лампочкой проделать такого опыта нельзя, потому что нити в ней не свободны, а натянуты. Теперь

еще опыт: с водяной струей. Его проделаем в кухне, у водопроводного крана. Газета пусть остается на печке.

Опыт с водяной струей

Мы пустили из крана тонкую водную струйку, гулко ударявшую о дно раковины.

– Сейчас я заставлю эту струю, не прикасаясь к ней, течь иначе. Куда хочешь, чтобы она отклонилась: вправо, влево, вперед?

– Влево, – ответил я.

– Хорошо! Не поворачивай крана, я принесу газету.

Брат явился с газетой, стараясь держать ее в вытянутых руках подальше от туловища, чтобы она меньше теряла электричества. Он приблизил газету к струе с левой стороны, и я ясно увидел, как водяная нить изогнулась влево. Перенеся газету по другую сторону, брат заставил струю отклониться вправо. Наконец он притянул ее вперед так далеко, что вода полилась через край раковины.

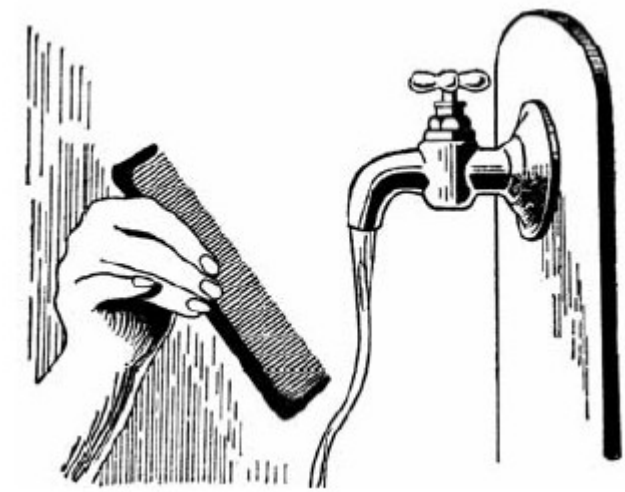


Рис. 98. Водяная струя отклоняется при приближении наэлектризованного гребня

– Видишь, как сильно сказывается здесь притягивающее действие электричества? Этот опыт, между прочим, легко проделать и без печки или плиты, если взять вместо наэлектризованной газеты эбонитовый гребень, вот такой. – Брат вынул гребень из бокового кармана и провел им по своим густым волосам. – Таким образом я его электризую.

– Но ведь твои волосы не электрические?

– Конечно! Обыкновенные волосы, как у тебя и у всякого. Но,

если тереть каучук о волосы, он электризуется, как газета от волос платяной щетки. Гляди!

Поднесенный к струе гребень заметно отклонил ее в сторону.

Наэлектризованные люди

Известный ленинградский инженер-электрик И.Б. Мандельштам рассказал мне про следующий забавный и поучительный случай из своей практики.

Когда он был еще молодым инженером и служил в электрическом обществе, снабжавшем Ленинград (тогда еще Петербург)[26] током, ему дано было службой необычное поручение. Одни из абонентов заявил, что в квартире происходит странная вещь: из предметов комнатной обстановки выскакивают искры. Надо было проверить исправность проводки, так как искры приписывались утечке электричества.

Прибыв на место, инженер был приглашен в кабинет – просторную, хорошо обставленную комнату, устланную шелковым ковром, – и вскоре убедился, что заявление абонента совершенно правильно. Стоило приблизить палец, например, к батарее водяного отопления, чтобы почувствовать легкий укол и услышать характерный треск, который сопровождает электрические искры.

– Поверите ли, – жаловался абонент, – бывают дни, когда я не могу выдвинуть ящика письменного стола без искры. Берусь за ручку ящика, а она награждает меня искрой!

Инженер попросил принести стремянку, чтобы осмотреть массивную люстру, свисавшую с потолка. Но едва он протянул к ней руку, как в пальцы ударила искра.

Всего удивительнее было то, что, как вскоре выяснилось с полной очевидностью, городской ток был в этих явлениях неповинен. Когда инженер отключил квартиру от сети, и, следовательно, лишил кабинет тока, искры продолжали появляться так же исправно, как и прежде. Дело становилось совсем загадочным: тока нет, а искр сколько угодно.

Правда, по словам абонента, искры не всегда были одинаково обильны и сильны. Бывали дни, даже ряд дней, когда они переставали выскакивать. Но затем вновь появлялись с прежнею, порою даже с большею силою.

В чем же дело? Ясно, что электрический ток здесь не при чем, раз явление продолжается, несмотря на отключение проводки от городской сети.

Разгадка оказалась крайне простой, источником электричества были сами обитатели квартиры. Виновником всего переполоха явился шелковый ковер, покрывавший пол комнаты. Ходя по нему, люди электризовались от трения подошв о шелк ковра. Они-то и были носителями электрических зарядов. Не

вещи в комнате, а сами люди были наэлектризованы, искры вылетали из рук наэлектризованных людей. Точнее говоря, искры проскакивали между людьми и заземленными предметами. Дело происходило в зимнюю пору; морозы стояли сильные, воздух был сух, – а это, мы знаем, как раз благоприятные условия для электризации: возникающие электрические заряды долго держатся на предметах, отделенных от земли непроводником (шелковым ковром).

Наше тело, в сущности говоря, электризуется во всякую погоду и при всякой обстановке от каждого вашего движения, если оно сопровождается трением. Но возникающий электрический заряд в большинстве случаев тотчас же уходит в землю и ничем не проявляет себя: мы не можем его заметить. И только тогда, когда тело ваше «изолировано», т. е. отделено от земли непроводником электричества (шелк – непроводник), заряд остается в теле и обнаруживает свое присутствие искрами.

В немецком научном журнале я прочел воспоминания другого очевидца о совершенно подобных же явлениях:

> «Дело происходило в Нью-Йорке в 1872 г. Стояли сильные сухие морозы. И вот достаточно было сделать по ковру несколько скользящих шагов, чтобы наэлектризовать свое тело. При дотрагивании до предметов или до других людей с треском вылетали искры. Особенно неприятное ощущение испытывали люди, когда наэлектризованный человек приближал палец к их носу. Яркие и длинные искры выскакивали при нечаянном приближении руки к батарее водяного отопления. В то время всюду применялось еще газовое осветление, и в эту памятную зиму мы нередко зажигали пламя простым приближением пальца к открытому газовому рожку, сделав предварительно несколько шаркающих шагов по ковру».

Без сомнения, такого рода шалости электричества наблюдались и раньше, в эпоху, когда правильного объяснения этих явлений никто дать не мог. Легко представить себе, сколько суеверных басен должны были порождать тогда подобные электрические происшествия.

notes

Примечания

1

То же касается и настоящего издания. – *(Здесь и далее примеч. науч. ред.)*

2

На 2007 г. 1-е место в мире по высоте держит канадская CN Tower, высота которой 553,33 м. С нее в ясную погоду можно увидеть Ниагарский водопад.

Останкинская железобетонная телебашня в Москве имеет высоту 539 м.

3

В 1925 г. ленинградский физкультурник Н. Гадалов поставил рекорд прыжка в высоту с места в 152 см.

4

Здесь необходимо обратить внимание на следующее: в этом случае длиною плеча будет расстояние от точки опоры А до точки приложения силы С, т. е. полная длина рычага АС.

Впрочем, отсчитывать секунды можно и без часов, определяя их непосредственно устным счетом. Но для этого надо предварительно приучиться произносить слова «раз», «и два», «и три», «и четыре», «и пять»… так, чтобы на произнесение каждого слова уходила ровно одна секунда. Не думайте, что это трудное искусство: чтобы ему научиться, требуется всего какой-нибудь десяток минут упражнения, не более.

6

Теперь Большой драматический театр в Санкт-Петербурге.

7

На момент 1-го издания книги самое большое водоизмещение имел французский пароход «Нормандия» (1932 г.) – 210 тыс. м^3.

В настоящее время создаются и подводные аппараты научного назначения.

9

Азот входит в состав живых клеток как необходимый для их жизни элемент.

10

Торичелли принимал высоту атмосферы равной 60 милям (а в старинной миле было 3 000 шагов).

11

Неправильно считать барометр прибором, предсказывающим погоду.

12

К настоящему времени на Эверест совершили восхождение уже около 1,5 тыс. чел.

13

Что такова именно сила, с какою мы способны вдувать воздух, можно установить с помощью барометрической трубки с ртутью. Я не раз проделывал это и убедился, что вдуванием мы можем повысить ртутный столб в барометре на 5–6 сантиметров.

14

Правилами по охране труда в Союзе допускался спуск водолазов не глубже 40 метров; это отвечает сжатию воздуха в 5 раз. Спускать подводных работников на большую глубину можно было только с особого разрешения центральной водолазной базы. На такие глубины позволялось спускать лишь людей очень крепкого здоровья и притом подготовленных долгим упражнением. Самая большая глубина, на какую случалось в Союзе благополучно спускать водолазов – 56 метров (в 1927 г. в Финском заливе). Попытки водолазов проникать глубже кончались смертью смельчака или его тяжелым заболеванием.

15

Двести метров – вот наибольшая глубина, на какую удавалось спускаться советским водолазам в новоизобретенных костюмах.

16

В 1948 году было проведено погружение батисферы на 1380 м. Самоходная батисфера (батискаф) с двумя испытателями (Пикаром и Уолшем) на борту достигла в 1960 году дна Марианской впадины (глубина – 11 000 м).

Часто объясняют этот опыт тем, что под стаканом «сгорает кислород». Такое объяснение совершенно неправильно.

18

Л.Н. Толстой. «Первая книга для чтения» («Как в городе Париже починили дом»).

19

В настоящее время солнечная энергия используется не только для непосредственного нагревания воды. Солнечные батареи, работающие на основе специально выращенных кристаллов, превращают энергию солнечного излучения в электрическую энергию, которая питает цифровые калькуляторы, двигатели машин и т. д. Благодаря солнечным батареям получают электроэнергию космические аппараты и орбитальные станции – такие, как «Мир» и МКС.

В настоящее время такие аппараты остались только в фотоателье. Современные фотокамеры позволяют видеть изображение не перевернутое, а прямое.

21

«Блуждающие звезды» – планеты.

22

Эбонит – твердый материал, получающийся, если подвергать каучук вместе с серой продолжительному и сильному нагреванию.

23

В наше время гребни и расчески делаются из пластмассы, но результаты опытов от этого не менее эффектны.

Такой же эффект, как кошачья шерсть, производят волосы на вашей голове, – если они хорошо вымыты и высушены.

Читатель может установить из сказанного, что весь рассказ – не автобиографический: когда автор был ребенком, электрических лампочек еще не было в обиходе.

26

Сейчас – Санкт-Петербург.